



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2009

**Luís Miguel
dos Santos Pereira**

**MATERIAIS DE APOIO PARA PROFESSORES:
ENSINO DE ASTRONOMIA NO 3.º CEB**



**Luís Miguel
dos Santos Pereira**

**MATERIAIS DE APOIO PARA PROFESSORES:
ENSINO DE ASTRONOMIA NO 3.º CEB**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física e Química, realizada sob a orientação científica da Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos, Professora Associada do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais.

O júri

Presidente

Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa
Professora Catedrática da Universidade de Aveiro

Doutor Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes
Professor Associado da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

À Professora Doutora Lucília Santos pela sua disponibilidade ao nível da supervisão, bem como pelas ideias e sugestões que em muito me ajudaram à concretização deste trabalho.

Aos órgãos de gestão das escolas contactadas e, sobretudo, aos colegas de Física e Química que se disponibilizaram a participar no estudo realizado pois a sua colaboração revelou-se imprescindível.

Aos meus colegas de Mestrado pelo bom ambiente de trabalho e espírito de grupo que existiu durante a parte curricular do mesmo.

À Salomé pela compreensão e apoio que sempre me deu...

Palavras-chave

Astronomia, Ciências Físico-Químicas, Ensino Básico, Recursos Didácticos

Resumo

A Astronomia é, possivelmente, uma das áreas do conhecimento mais transversais, visto os estudos nela realizados serem fundamentados recorrendo a diferentes domínios das ciências exactas. É, em acréscimo, uma das áreas que mais sujeitas estão ao avanço científico e técnico o que a torna num assunto motivador para o público em geral, mas sobretudo para os jovens estudantes. Neste sentido, passou a ser desde há alguns anos a esta parte o ponto de partida para o estudo da Física na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no 7.º ano do Ensino Básico. Embora a este nível os conteúdos abordados sejam elementares, muitos dos actuais docentes da disciplina não tiveram formação específica na área nos seus estudos superiores, o que os abriga a uma preparação adicional que, não sendo feita adequadamente, os pode deixar numa situação desconfortável perante certos assuntos. Assim, com este trabalho, pretendeu-se efectuar uma caracterização dos docentes envolvidos no ensino da Astronomia neste nível de escolaridade. O estudo foi efectuado em diversas escolas da região de Aveiro. Uma vez detectadas as principais fragilidades, são então apresentados alguns materiais de apoio para o professor, tendo em conta as orientações curriculares, as matérias em questão e as necessidades detectadas, cuja validação se apresenta como sugestão para estudos futuros.

Keywords

Astronomy, Physics and Chemistry Sciences, Middle Level Education, Teaching Resources

Abstract

Astronomy is, probably, one of the most cross-programme areas of knowledge, since the studies conducted are supported by a great range of scientific domains. This field is also one of the most prone to scientific and technological development, turning into a motivating issue to people in general, but especially to young students. As a result, it has become for some years now the starting point for the study of Physics in the Physical-Chemical Sciences subject in the 7th grade of primary education. Although the contents approached at this level are not much complex, many of the professionals now teaching the subject have not had a specific training in the area, which forces them to undertake an additional effective training programme to avoid uncomfortable situations when coming across certain contents. Consequently, this research project aimed at a thorough description of the professionals responsible for the teaching of Astronomy to this specific grade. The study was conducted in several schools within the limits of Aveiro. After revealing the main weaknesses, certain resources are made available to teachers, considering the orientations from the subject curriculum, the issues considered and the needs detected, whose validation is presented as suggestion for future studies.

Índice

1. Contextualização do Estudo	1
1.1. Introdução	1
1.2. Motivações Pessoais.....	2
1.3. Objectivos do Estudo	3
1.4. Enquadramento Metodológico.....	5
2. Questionário de Investigação.....	7
2.1. Aspectos Gerais	7
2.2. Amostragem	9
2.3. Primeira Parte do Questionário	11
2.4. Segunda Parte do Questionário	13
2.5. Terceira Parte do Questionário	16
2.6. Recolha de Informação	23
2.7. Estudo Piloto	24
2.8. Implementação do Questionário.....	25
3. Tratamento de Resultados.....	29
3.1. Primeira Parte do Questionário	29
3.2. Segunda Parte do Questionário	34
3.3. Terceira Parte do Questionário	43
3.4. Avaliação Global de Resultados.....	52
3.5. Análise da Abordagem nos Manuais	56
4. Recursos da Unidade <i>Universo</i>	59
4.1. Aspectos Gerais	59
4.2. Origem do Universo	61
4.3. Galáxias	62
4.4. Via Láctea	66
4.5. Evolução Estelar	67
4.6. Escalas de Distância	72
4.7. Coordenadas Celestes	73
4.8. Observar o Céu	75
4.9. Actividades Práticas	80
5. Recursos da Unidade <i>Sistema Solar</i>	83
5.1. Aspectos Gerais	83
5.2. Estrutura do Sistema Solar.....	83

5.3. Formação do Sistema Solar	84
5.4. O Sol	86
5.5. Mercúrio	88
5.6. Vénus	89
5.7. Terra.....	90
5.8. Lua	91
5.9. Marte	94
5.10. Cintura de Asteróides	96
5.12. Júpiter	97
5.13. Saturno.....	99
5.14. Úrano	101
5.15. Neptuno.....	102
5.16. Objectos Transneptunianos.....	104
5.17. Cometas	106
5.18. Meteoróides.....	108
5.19. Actividades Práticas	109
6. Recursos da Unidade <i>Planeta Terra</i>	111
6.1. Aspectos Gerais	111
6.2. Movimentos Periódicos	112
6.3. Movimento de Rotação	115
6.4. Dia Solar e Sideral	117
6.5. Movimento de Translação	118
6.6. Ano Solar e Sideral	120
6.7. Fases da Lua.....	121
6.8. Mês Sideral e Sinódico.....	123
6.9. Eclipses do Sol e da Lua	123
6.10. As Marés	126
6.11. Peso e Força Gravítica.....	128
6.12. Actividades Práticas	130
7. Considerações Finais	133
Bibliografia	135
Webgrafia	137
Fontes de Imagens	139
ANEXO	143

Índice de Tabelas e Gráficos

Tabela 1.1: Vantagens e limitações do inquérito por questionário.....	5
Tabela 2.1: Vantagens e limitações das diferentes modalidades de questões.....	8
Tabela 2.2: Distribuição das escolas alvo do estudo	10
Tabela 2.3: Classificação das perguntas da 1. ^a parte do questionário.....	11
Tabela 2.4: Classificação das perguntas da 2. ^a parte do questionário.....	13
Tabela 2.5: Classificação das perguntas da 3. ^a parte do questionário.....	17
Tabela 2.6: Classificação das perguntas do questionário quanto à dificuldade	25
Tabela 2.7: Tratamento estatístico relativo à implementação do questionário.....	26
Tabela 3.1: Tratamento estatístico da questão 1 da 1. ^a parte.....	29
Tabela 3.2: Tratamento estatístico da questão 2 da 1. ^a parte.....	29
Tabela 3.3: Tratamento estatístico da questão 3 da 1. ^a parte.....	30
Tabela 3.4: Tratamento estatístico da questão 4 da 1. ^a parte.....	31
Tabela 3.5: Tratamento estatístico da questão 5 da 1. ^a parte.....	31
Tabela 3.6: Tratamento estatístico da questão 6 da 1. ^a parte.....	32
Tabela 3.7: Tratamento estatístico, por concelho, dos questionários válidos recebidos.....	32
Tabela 3.8: Tratamento estatístico da questão 8 da 1. ^a parte.....	32
Tabela 3.9: Tratamento estatístico da questão 9 da 1. ^a parte.....	33
Tabela 3.10: Tratamento estatístico da questão 1 da 2. ^a parte.....	34
Tabela 3.11: Tratamento estatístico da questão 2 da 2. ^a parte.....	34
Tabela 3.12: Tratamento estatístico da questão 3 da 2. ^a parte.....	35
Tabela 3.13: Tratamento estatístico da questão 4 da 2. ^a parte.....	35
Tabela 3.14: Tratamento estatístico da questão 5 da 2. ^a parte.....	35
Tabela 3.15: Tratamento estatístico da questão 6 da 2. ^a parte.....	36
Tabela 3.16: Tratamento estatístico da questão 7 da 2. ^a parte.....	36
Tabela 3.17: Tratamento estatístico da questão 8 da 2. ^a parte.....	37
Tabela 3.18: Tratamento estatístico da questão 9 da 2. ^a parte.....	37
Tabela 3.19: Tratamento estatístico da questão 10 da 2. ^a parte.....	38
Tabela 3.20: Tratamento estatístico da questão 11 da 2. ^a parte.....	38
Tabela 3.21: Tratamento estatístico da questão 12 da 2. ^a parte.....	39
Tabela 3.22: Tratamento estatístico da questão 13 da 2. ^a parte.....	40
Tabela 3.23: Tratamento estatístico da questão 14 da 2. ^a parte.....	40
Tabela 3.24: Tratamento estatístico da questão 15 da 2. ^a parte.....	41
Tabela 3.25: Tratamento estatístico da questão 16 da 2. ^a parte.....	42

Tabela 3.26: Tratamento estatístico da questão 1 da 3. ^a parte.....	43
Tabela 3.27: Tratamento estatístico da questão 2 da 3. ^a parte.....	44
Tabela 3.28: Tratamento estatístico da questão 3 da 3. ^a parte.....	44
Tabela 3.29: Tratamento estatístico da questão 4 da 3. ^a parte.....	45
Tabela 3.30: Tratamento estatístico da questão 5 da 3. ^a parte.....	45
Tabela 3.31: Tratamento estatístico da questão 6 da 3. ^a parte.....	45
Tabela 3.32: Tratamento estatístico da questão 7 da 3. ^a parte.....	46
Tabela 3.33: Tratamento estatístico da questão 8 da 3. ^a parte.....	47
Tabela 3.34: Tratamento estatístico da questão 9 da 3. ^a parte.....	47
Tabela 3.35: Tratamento estatístico da questão 10 da 3. ^a parte.....	47
Tabela 3.36: Tratamento estatístico da questão 11 da 3. ^a parte.....	48
Tabela 3.37: Tratamento estatístico da questão 12 da 3. ^a parte.....	48
Tabela 3.38: Tratamento estatístico da questão 13 da 3. ^a parte.....	49
Tabela 3.39: Tratamento estatístico da questão 14 da 3. ^a parte.....	49
Tabela 3.40: Tratamento estatístico da questão 15 da 3. ^a parte.....	50
Tabela 3.41: Tratamento estatístico da questão 16 da 3. ^a parte.....	50
Tabela 3.42: Tratamento estatístico da questão 17 da 3. ^a parte.....	51
Tabela 3.43: Tratamento estatístico da questão 18 da 3. ^a parte.....	51
Tabela 3.44: Tratamento estatístico da questão 19 da 3. ^a parte.....	52
Tabela 3.45: Tratamento estatístico da questão 20 da 3. ^a parte.....	52
Tabela 3.46: Sucesso das questões científicas em função do grau de dificuldade previsto	53
Tabela 3.47: Avaliação qualitativa e quantitativa do teste científico	54
Tabela 3.48: Distribuição dos resultados quantitativos do teste por concelho	55
 Gráfico 3.1: Taxa de sucesso em função da questão	 54

Índice de Figuras

Figura 4.1: Analogia da expansão do Universo	60
Figura 4.2: Desvio da luz para o vermelho	60
Figura 4.3: Galáxia espiral	63
Figura 4.4: Galáxia espiral barrada	63
Figura 4.5: Galáxia elíptica	63
Figura 4.6: Galáxia lenticular	63
Figura 4.7: Galáxia irregular	63
Figura 4.8: Grupo Local	65
Figura 4.9: Superaglomerado da Virgem	65
Figura 4.10: Aspecto da Via Láctea de perfil	66
Figura 4.11: «Estrada de Santiago»	66
Figura 4.12: Diagrama de Hertzsprung-Russell.....	69
Figura 4.13: Esquema de evolução das estrelas	70
Figura 4.14: Deslocação aparente de um objecto.....	72
Figura 4.15: Paralaxe de uma estrela	72
Figura 4.16: Altura de um astro.....	73
Figura 4.17: Azimute de um astro	73
Figura 4.18: Coordenadas celestes equatoriais.....	74
Figura 4.19: Ursa Maior, Ursa Menor e Cassiopeia	77
Figura 4.20: Oriente	77
Figura 4.21: Oriente e Touro.....	78
Figura 4.22: Oriente e Cão Maior.....	78
Figura 4.23: Telescópio reflector.....	79
Figura 4.24: Telescópio refractor	79
Figura 4.25: Ursa Menor e Cassiopeia no Stellarium.....	81
Figura 5.1: Sistema Solar	84
Figura 5.2: Hipótese nebular da origem do Sistema Solar.....	86
Figura 5.3: Estrutura do Sol	87
Figura 5.4: Mercúrio.....	89
Figura 5.5: Vénus.....	89
Figura 5.6: Terra	92
Figura 5.7: Lua.....	92
Figura 5.8: Formação da Lua.....	93

Figura 5.9: Movimento retrógrado	95
Figura 5.10: Marte.....	96
Figura 5.11: Cintura de Asteróides	96
Figura 5.12: Júpiter	98
Figura 5.13: Luas galileanas	98
Figura 5.14: Saturno	100
Figura 5.15: Titã.....	100
Figura 5.16: Urano	102
Figura 5.17: Rotação de Urano.....	102
Figura 5.18: Neptuno	103
Figura 5.19: Tritão.....	103
Figura 5.20: Órbita de Plutão	105
Figura 5.21: Planetas-anões transneptunianos comparados com a Terra.....	106
Figura 5.22: Órbita do Cometa Halley.....	107
Figura 5.23: Constituição de um cometa	108
Figura 5.24: Estrelas cadentes	108
Figura 5.25: Júpiter e as luas galileanas no Stellarium	109
Figura 6.1: Movimento de precessão da Terra	112
Figura 6.2: Movimento aparente do Pólo Norte celeste	113
Figura 6.3: Movimento de precessão e as nutações.....	114
Figura 6.4: Oscilação do Pêndulo de Foucault	116
Figura 6.5: Pêndulo de Foucault no Panthéon.....	116
Figura 6.6: Dia solar e sideral	117
Figura 6.7: Movimento de translação da Terra	119
Figura 6.8: Inclinação dos raios solares à superfície da Terra.....	120
Figura 6.9: Fases da Lua	122
Figura 6.10: Condições para a ocorrência de eclipses	124
Figura 6.11: Eclipse solar	125
Figura 6.12: Eclipse lunar	126
Figura 6.13: O peso e a força gravítica em geral não são iguais.....	128
Figura 6.14: Simulador dos movimentos da Terra	131

Lista de Abreviaturas

3.º CEB – Terceiro Ciclo do Ensino Básico

CFQ – Ciências Físico-Químicas

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

EB 2,3 – Escola Básica dos 2.º e 3.º Ciclos

EBI – Escola Básica Integrada

ES – Ensino Secundário

FQ – Física e Química

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UAI – União Astronómica Internacional

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

1. Contextualização do Estudo

1.1. Introdução

A Astronomia tem sido protagonista, nos últimos anos, de um progressivo e acelerado desenvolvimento. São vários os factores que têm contribuído para isso, destacando-se os constantes avanços científicos em investigação espacial, os quais nos têm proporcionado um maior conhecimento do Universo, bem como a evolução tecnológica por si só, que tem permitido melhorar as prestações ópticas dos telescópios e dos métodos de detecção e registo de dados. Tudo isto tem motivado um interesse crescente por este domínio, interesse este que, por sua vez, se tem reflectido num aumento da literatura disponível sobre o assunto. Estes dados assumem ainda maior relevância em virtude de 2009 ter sido estabelecido pela UNESCO e pela UAI como o Ano Internacional da Astronomia (AIA2009). Neste contexto, estão previstas a realização de inúmeras actividades de divulgação científica por todo o país e que serão levadas a cabo pelas mais diversas instituições, desde observatórios astronómicos a centros ciência viva e envolvendo, naturalmente, também as escolas visando, acima de tudo, estimular o interesse na área junto dos mais novos.

O desenvolvimento acentuado da Astronomia teve, igualmente, repercussões ao nível dos conteúdos programáticos das ciências leccionadas nos diferentes níveis de ensino, sobretudo ao nível da Física e da Química, mas também noutras áreas como, por exemplo, no caso da Matemática e até da Biologia. A introdução recente do tema *Terra no Espaço* nas orientações curriculares de Ciências Físico-Químicas do 7.º ano de escolaridade do 3.º CEB, ou das unidades *Das Estrelas ao Átomo* e *Do Sol ao Aquecimento* no programa de Física e Química do 10.º ano do ES, ricas em assuntos importantes no âmbito da Astronomia, constituem bons exemplos deste facto. A estes pontos, deve-se ainda juntar a nova abordagem feita ao estudo da Mecânica, ao nível do 11.º ano do ES, na unidade *Movimentos na Terra e no Espaço*, onde os conceitos da Cinemática e da Dinâmica do ponto material são apresentados com uma nova roupagem que recorre, amiúde, à Astronomia como factor motivador, passando-se ainda uma situação similar no 12.º ano aquando do estudo da Gravitação. De facto, longe vão os tempos em que o estudo de muitos dos aspectos essenciais da Astronomia nos ensinos básico e secundário era simplesmente negligenciado e assuntos como a Gravitação resumiam-se a um conjunto de deduções e equações que eram apresentados de forma hermética, sem haver previamente qualquer espécie de contextualização CTS.

A Astronomia é uma ciência peculiar, por ser um domínio transdisciplinar no sentido de tocar tantas áreas do conhecimento e ainda por envolver as tecnologias mais avançadas. Contudo, o que a torna verdadeiramente aliciante é o facto de, muito provavelmente, ser a ciência que maior desenvolvimento pode experimentar nos anos vindouros uma vez que, hoje em dia, ainda muito pouco se sabe sobre o Universo, não havendo ainda respostas convincentes para perguntas básicas como sejam a sua origem, a sua dimensão ou a sua constituição. É, sobretudo, este tipo de questões que fascina o público em geral e particularmente os jovens estudantes. No entanto, eles só estarão verdadeiramente habilitados a compreender o estudo feito no âmbito da Astronomia e os fenómenos envolvidos se tiverem uma preparação de base adequada durante a sua aprendizagem, tendo os professores naturalmente a sua quota-parte de responsabilidade no processo.

1.2. Motivações Pessoais

Desde longa data que nos interessamos pelos assuntos relacionados com a Astronomia, tendo-nos dedicado com maior profundidade aos aspectos didácticos em virtude deste tema constar dos conteúdos programáticos de Ciências Físico-Químicas, conforme já foi referido. Em acréscimo, nos últimos anos lectivos, temos leccionado com regularidade o 7.º ano de escolaridade, o que tem permitido acumular alguma experiência prática de ensino dos diferentes assuntos que constituem o tema *Terra no Espaço*. Este contacto com a realidade, não apenas ao nível de sala de aula, como também através de conversas mantidas com colegas e pela frequência de diversas acções de formação na área permitiu verificar que, embora a Astronomia seja um tema aliciante, geralmente despertando bastante interesse junto de alunos e professores, requer uma preparação muito cuidada das matérias por parte destes. Isto verifica-se sobretudo devido ao elevado grau de abstracção de alguns conceitos, por ser fonte de diversas concepções alternativas e ainda em virtude da sua evolução constante, derivada das sucessivas descobertas.

Assim, fomos apercebendo de certas fragilidades demonstradas por alguns colegas na abordagem a determinados assuntos do tema, questões não apenas de nível pedagógico, como inclusivamente científico. Deste modo, tornou-se particularmente pertinente a ideia de efectuar um estudo mais pormenorizado e sistemático sobre esta matéria, passando então a ganhar forma este projecto de investigação, que permitirá a discussão de estratégias e o desenvolvimento de alguns materiais de apoio à abordagem dos conteúdos em causa, muito úteis no futuro.

1.3. Objectivos do Estudo

Embora sejam já abordadas algumas noções muito básicas de Astronomia no 1.º CEB, o primeiro contacto na escola com este assunto, envolvendo um certo grau de profundidade, ocorre já no 3.º CEB, na disciplina de CFQ, no âmbito do tema *Terra no Espaço*, constituindo assim um ponto de partida para o estudo introdutório da Física ao nível dos movimentos e forças.

Pelo acima exposto, torna-se muito importante que o docente responsável pela leccionação deste tema tenha uma boa preparação de base ao nível da Astronomia, devendo ser capaz não apenas de dominar todos os assuntos mencionados nas orientações curriculares como também, caso seja necessário, estar à altura de ir mais além nesses mesmos conteúdos e estar habilitado a combater as concepções alternativas que abundam nos alunos desta faixa etária. Neste contexto, o professor deve pois estar preparado para as questões que, por vezes, surgem aos alunos devido à influência que os media e sobretudo a Internet exercem sobre eles, o que o obriga não só a ter um conhecimento mais aprofundado, como também actualizado nesta matéria.

Contudo, constata-se que, em virtude da sua introdução relativamente recente nos currículos (finais da década de 90), muitos dos actuais professores não tiveram uma preparação científica e pedagógica de base adequada nesta área, nem sempre utilizando por isso as metodologias de ensino mais apropriadas e, por vezes, possuindo lacunas inclusivamente ao nível dos próprios conhecimentos científicos. Devemos ter em consideração que a maior parte dos professores de Física e Química actualmente em actividade já haviam concluído a sua formação superior antes da entrada nos currículos dos tópicos de Astronomia. Deste modo, na sua grande maioria, concluíram cursos onde a componente de Astronomia/Astrofísica era pequena ou, em certos casos, mesmo inexistente. Não nos podemos ainda esquecer que existe um número apreciável de docentes de FQ em funções que profissionalizaram em serviço, vindos de proveniências várias como Engenharia Química, Química Industrial ou Bioquímica, entre outras, onde a estrutura dos cursos, atendendo à natureza dos mesmos, dá um enfoque menor aos assuntos relacionados com a Física. Muitos dos docentes nestas condições viram-se, por isso, forçados a complementar a sua formação nesta área mediante a frequência de pequenas acções de formação, ou através de um estudo individualizado recorrendo a literatura especializada ou inclusive aos próprios manuais escolares, com todos os inconvenientes e limitações que uma preparação feita deste modo acarreta.

A juntar ao facto de haver uma certa dificuldade por parte de alguns docentes em abordar assuntos com um maior grau de complexidade, embora relacionados com o tema *Terra no Espaço*, temos verificado também uma enorme falta de à vontade, na generalidade dos professores, relativamente à utilização de certo tipo de recursos de grande valor pedagógico no ensino da Astronomia. São bons exemplos disto a utilização de software interactivo (simulações computacionais ou planetários virtuais), bem como a utilização de binóculos e mesmo telescópios em actividades de observação astronómica, que em muitos casos já estão disponíveis nas escolas, embora normalmente não sejam utilizados por desconhecimento.

Tendo em conta o referido anteriormente, a problemática de investigação envolvida neste trabalho pode então traduzir-se nas seguintes questões:

- Quais as fragilidades sentidas pelos professores de CFQ no ensino dos conteúdos do tema *Terra no Espaço*?
- Que outro tipo de recursos pedagógicos são geralmente usados pelos docentes durante a preparação e execução das suas aulas?

Assim, com a realização deste trabalho de investigação, pretende-se então efectuar um levantamento das principais dificuldades que os docentes envolvidos no ensino do tema *Terra no Espaço* experimentam e, posteriormente, com base nas fragilidades detectadas, criar alguns materiais de apoio ao professor. Neste contexto, os objectivos centrais definidos para este trabalho e que orientam a sequência cronológica das actividades a realizar são:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Detectar as fragilidades mais frequentes, de natureza científica e pedagógica, apresentadas por um grupo de docentes, com prática lectiva nesta matéria;• Indicar sugestões e delinear diversas estratégias com vista a uma melhor compreensão e abordagem desses conteúdos por parte dos docentes. |
|--|

De modo a ser possível atingir os objectivos acima mencionados, torna-se essencial efectuar uma recolha de um conjunto de dados. Este levantamento será feito através da aplicação de um questionário a uma amostra de professores, com experiência lectiva nesta matéria, de modo a efectuar a sua caracterização pessoal e profissional, em termos pedagógicos e científicos.

1.4. Enquadramento Metodológico

Segundo Coutinho (2005, p.68), “a investigação educativa é uma actividade de natureza cognitiva que consiste num processo sistemático, flexível e objectivo do estudo e que contribui para explicar e compreender os fenómenos educativos”. Neste sentido, Ghiglione e Matalon (2001, p.7) acrescentam que “o inquérito pode ser definido como uma interrogação particular acerca de uma situação englobando indivíduos, com o objectivo de generalizar”. Relativamente ao inquérito por questionário, Hoz (1985, p.58) refere que “é um instrumento para recolha de dados constituído por um conjunto mais ou menos amplo de perguntas e questões que se consideram relevantes de acordo com as características e dimensão do que se deseja observar”. Anderson (1998, p.170), ainda em relação ao inquérito por questionário, acrescenta que ele se tornou num dos mais usados e abusados instrumentos de recolha de informação. No entanto, se for bem construído, permite a recolha de dados fiáveis e razoavelmente válidos de forma barata, simples e atempada.

Assim, Almeida (1994) identifica as principais vantagens e limites inerentes à aplicação da técnica de inquérito por questionário:

Vantagens	Limites
<ul style="list-style-type: none"> • Torna possível a recolha de informação de um grande número de indivíduos; • Permite comparações precisas entre as respostas dos inquiridos; • Possibilita a generalização dos resultados da amostra à totalidade da população. 	<ul style="list-style-type: none"> • O material recolhido pode ser superficial. A padronização das perguntas não permite captar diferenças de opinião significativas ou subtis entre os inquiridos; • As respostas podem dizer respeito mais ao que as pessoas dizem que pensam do que ao que efectivamente pensam.

Tabela 1.1: Vantagens e limitações do inquérito por questionário

Neste projecto, a recolha de dados relativos aos docentes foi efectuada recorrendo ao método de inquérito por questionário, tendo-se optado por este processo, essencialmente, por ter inerentes à sua aplicação as vantagens de possibilitar uma sistematização dos resultados fornecidos e permitir uma maior facilidade de análise dos mesmos, reduzindo assim o tempo que é necessário despendar para recolher e analisar os dados. Os custos de implementação também são menores do que os envolvidos noutros tipos de inquérito. Relativamente ao inquérito por entrevista, outro método por vezes usado em estudos deste género, o questionário apresenta ainda a particularidade de ser auto-administrado, isto é, dispensa a presença do entrevistador, permitindo assim uma gestão mais flexível do tempo.

Contudo, para além do que já foi mencionado atrás, existem outras limitações que podem estar inerentes a este método de recolha de informação, entre as quais e, desde logo, o maior ou menor grau de cooperação do inquiridos, o problema das respostas em branco e a fiabilidade das mesmas, quando dadas em certas condições. Esta situação pode ser amenizada mediante a elaboração de um questionário que privilegie respostas curtas e objectivas, de modo a que o tempo de resposta total não exceda 30 minutos. Mas sobre os cuidados a ter relativamente à elaboração do questionário falaremos detalhadamente mais à frente.

2. Questionário de Investigação

2.1. Aspectos Gerais

Kornhauser e Sheatsley (citados por Hoz, 1985), propõem três passos para a construção de um questionário:

- **1.º Passo:** Determinar a informação relevante referente ao problema de investigação.
- **2.º Passo:** Elaborar as questões, que devem ser adequadas, relevantes e devem encaminhar os sujeitos para que estes dêem as respostas apropriadas. Deve ser definido a modalidade de resposta, que pode ser:
 - **Fixa (fechada)**, em que o sujeito elege uma das alternativas que lhe oferecem;
 - **Aberta**, em que o sujeito goza de liberdade para responder da forma que mais lhe convier.
- **3.º Passo:** Aplicação de um questionário piloto, principalmente no caso de questões abertas, que permita detectar a informação relevante e os tipos de resposta que são dadas, de modo a que a construção do questionário estruturado não deixe nenhum aspecto importante sem ser incluído.

De modo a existirem dados suficientes que possibilitem uma resposta concreta às questões investigativas lançadas atrás, o questionário¹ foi organizado em três partes distintas:

- I. Obter alguns dados relativos à caracterização pessoal e profissional do professor;
- II. Verificar a situação do docente face à abordagem dos conteúdos de Astronomia do tema *Terra no Espaço*;
- III. Analisar o desempenho do professor perante problemas concretos de Astronomia.

Assim, a Parte I do questionário tem como objectivo a caracterização do perfil do professor. As Partes II e III, que permitem caracterizar o docente em termos pedagógicos e científicos, irão incidir sobre os conteúdos de Astronomia presentes nas unidades didácticas do tema em causa, ou

¹ É fornecido, em anexo, um exemplar do questionário que foi distribuído nas escolas.

seja, *Universo, Sistema Solar e Planeta Terra*, nomeadamente focando os assuntos habitualmente mais delicados.

Torna-se, entretanto, pertinente discutir as vantagens e as desvantagens inerentes à utilização de perguntas abertas e fechadas, sendo efectuada uma análise comparativa no quadro seguinte (Coutinho, 2008):

Perguntas	Vantagens	Desvantagens
Abertas	<ul style="list-style-type: none"> • Estimula o pensamento livre; • Indispensável aos estudos exploratórios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade no tratamento de informação; • Análise dos dados mais subjectiva; • Dificuldade em categorizar e interpretar respostas; • Possível distorção das respostas durante o processo de codificação; • Maior probabilidade de ocorrerem enviesamentos associados ao entrevistador; • Mais tempo para responder à questão; • Dificuldade em detectar erros de omissão.
Fechadas	<ul style="list-style-type: none"> • Existe uniformidade e por isso simplifica a análise da resposta; • Análise mais rápida e económica; • A lista de respostas ajuda a clarificar o significado da questão; • Respostas mais fáceis de categorizar; • Ajuda a sintetizar a informação; • Mais fácil e rápida de responder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não dá liberdade de expressão ao inquirido; • Condiciona a resposta do inquirido; • Dificil de elaborar; • Pode levar a erros quando são seleccionados padrões de resposta que interessam ao seleccionador; • Diminui o índice de reflexão sobre o tipo de resposta do inquirido; • Falha pela falta de variáveis e profundidade; • Dificuldade em determinar erros e omissões.

Tabela 2.1: Vantagens e limitações das diferentes modalidades de questões

As questões de natureza fechada têm ainda a possibilidade de poderem servir de perguntas filtro, ou seja, funcionando como discriminante e permitindo a repartição dos inquiridos entre as várias séries de perguntas posteriores.

Pardal e Correia (1995) consideram ainda uma outra modalidade de questões, as perguntas de escolha múltipla. Estas configuram, tendencialmente, uma forma fechada, permitindo ao inquirido a escolha de uma ou várias respostas de um conjunto apresentado. Existem, essencialmente, duas grandes classes deste género de questões:

- Perguntas de escolha múltipla em leque: O inquirido deve escolher uma ou várias respostas de entre as diversas alternativas que lhe são apresentadas podendo, em algumas situações, ser pedida uma ordenação (leque fechado), ou poderá ele mesmo acrescentar

uma outra (leque aberto). Esta última opção retira a esta modalidade de pergunta o carácter fechado.

- Perguntas de escolha múltipla de avaliação ou de estimação: Introduce o aspecto quantitativo, procurando captar os diversos graus de intensidade face a um determinado assunto. Existem, posteriormente, diversos instrumentos de medida para o seu tratamento.

Tendo em conta o anteriormente exposto, optou-se por elaborar um questionário privilegiando as questões de formato fechado de modo a existir uma maior uniformidade nas respostas e com isto permitir uma análise mais rápida e objectiva das mesmas. Por outro lado, este género de perguntas permite ainda uma maior rapidez e facilidade de resposta, o que favorece a elaboração de um questionário que se pretende sintético e ao mesmo tempo rigoroso, sem se tornar demasiado maçador para os inquiridos.

No entanto, em determinadas situações pontuais irão ser aplicadas questões de resposta aberta e semi-aberta pois as respostas a obter nesses casos são de índole mais variado, ou seja, mais representativas e fiéis acerca da opinião dos inquiridos.

De acordo com Oliveira (2005), é também possível dividir as questões entre «perguntas de facto», que dizem respeito a assuntos concretos e de fácil determinação, como sejam o género, idade, entre outras, e «perguntas de opinião», que colocam o inquirido perante a situação de responder o que pensa sobre determinada situação.

2.2. Amostragem

O questionário, que serviu para efectuar a recolha dos elementos utilizados na investigação, depois de elaborado por nós, foi validado por um professor da área da Didáctica e Tecnologia Educativa. É destinado a uma amostra representativa do universo em estudo, que é dado pelo conjunto de professores de Ciências Físico-Químicas provenientes de escolas do sul do Distrito de Aveiro e com prática docente no ensino de Astronomia no 7.º ano, isto é, que o estejam a leccionar ou o tenham feito recentemente, ou seja, desde a entrada em vigor das novas orientações curriculares para o 3.º CEB, no ano lectivo 2002/2003.

Assim, consideram-se as escolas públicas com 3.º CEB afectas à Equipa de Apoio às Escolas de Aveiro, ou seja, provenientes dos concelhos de Anadia, Aveiro, Ílhavo, Mealhada, Oliveira do Bairro e Vagos.

A amostragem por «clusters», ou grupos, revelou-se útil no trabalho¹. De facto, não sendo possível submeter ao estudo todos os professores da região em causa, considerou-se uma lista de todas as escolas, «clusters», admitindo que o conjunto de professores de cada escola caracterizava convenientemente a população que se pretendia estudar. A partir dessa lista seleccionaram-se aleatoriamente algumas escolas e considerou-se a amostra constituída por todos os professores de CFQ das escolas seleccionadas, que estejam nas condições anteriormente descritas. O recurso a amostragem não aleatória, nomeadamente a amostragem por conveniência e amostragem por resposta voluntária, não é de todo apropriada porque poderá enviesar os resultados finais.

Concelho	Escola	Localidade
Anadia	EB 2,3 de Anadia	Anadia
	EB 2,3 de Vilarinho do Bairro	Vilarinho do Bairro
Aveiro	EB 2,3 Aires Barbosa	Esgueira
	EB 2,3 de Aradas	Aradas
	EB 2,3 de Cacia	Cacia
	EB 2,3 Castro Matoso	Oliveirinha
	EB 2,3 João Afonso	Aveiro
	EB 2,3 de São Bernardo	São Bernardo
	EBI de Eixo	Eixo
Ílhavo	EB 2,3 da Gafanha da Encarnação	Gafanha da Encarnação
	EB 2,3 da Gafanha da Nazaré	Gafanha da Nazaré
	EB 2,3 José Ferreira Pinto Basto	Ílhavo
Oliveira do Bairro	EB 2,3 Dr. Acácio de Azevedo	Oliveira do Bairro
	EB 2,3 Dr. Fernando Peixinho	Oiã

Tabela 2.2: Distribuição das escolas alvo do estudo

Tendo em conta o anteriormente exposto, implementou-se o estudo apenas nas Escolas do Ensino Básico integrado (EBI) e do Ensino Básico dos 2.º e 3.º Ciclos (EB 2,3) dos concelhos de Anadia, Aveiro, Ílhavo e Oliveira do Bairro, sendo a distribuição geográfica das mesmas feita da forma que é indicada no quadro seguinte. Não foram considerados neste trabalho os restantes

¹ Referência em <http://www.dgidc.min-edu.pt/mat-no-sec/pdf/Parte%202.pdf> (endereço activo em Maio de 2009).

estabelecimentos de ensino com 3.º CEB dos concelhos seleccionados, bem como as escolas dos concelhos da Mealhada e de Vagos, também afectos à Equipa de Apoio às Escolas de Aveiro.

Pretende-se que os docentes que colaborem na investigação tenham qualificação profissional para leccionar esta disciplina, tendo uma Licenciatura em Ensino de Física e Química, o Ramo Educacional de Física ou Química, ou então feito a profissionalização em serviço. Aquando do tratamento de dados, serão tidos em conta outros aspectos na análise da informação recolhida, conforme será indicado mais à frente.

Os professores envolvidos no estudo vão apenas participar na resposta ao questionário, não tendo influência na sua elaboração, contribuindo assim com a sua ajuda para a determinação dos assuntos mais sensíveis, bem como para o levantamento do tipo de metodologia e recursos utilizados nas suas aulas.

2.3. Primeira Parte do Questionário

Vamos então proceder à classificação das questões presentes no questionário a ministrar, tendo em conta o tipo e a modalidade das mesmas, começando por analisar o 1.º grupo de perguntas que, conforme foi mencionado antes, visa efectuar a caracterização pessoal e profissional do docente, sendo os resultados ilustrados na tabela 2.3.

Parte I – Caracterização Pessoal e Profissional		
Questão / Questões	Tipo	Modalidade
1 e 2	De facto	Fechadas
3	De facto	Escolha múltipla
4 e 5	De facto	Fechadas
6	De facto	Escolha múltipla
7 e 8	De facto	Fechadas
9	De facto	Escolha múltipla

Tabela 2.3: Classificação das perguntas da 1.ª parte do questionário

Analisando mais em detalhe a estrutura de cada uma das 9 perguntas presentes nesta secção temos que, no caso das questões 1 e 2 pretendeu-se, respectivamente, fazer a selecção dos inquiridos por género e agrupá-los de acordo com a idade. A escolha das idades foi feita de

modo a incluir todos os valores possíveis para esta variável. O tamanho escolhido para as classes foi de aproximadamente 5 anos, o que nos pareceu proporcionar uma melhor distribuição dos elementos. Foram incluídas as classes «menos de» e «mais de» tendo em vista a cobertura de todos os valores.

A questão 3 possibilita que os docentes sejam agrupados de acordo com as habilitações académicas que possuem, sendo fornecidas as opções mais comuns. Trata-se de uma pergunta de escolha múltipla em leque aberto pois permite ao inquirido, para além de seleccionar mais do que uma das opções presentes, acrescentar ainda uma outra que não esteja indicada, isto para além de também possibilitar que seja indicado o nome da instituição onde cada curso foi concluído. Deste modo, torna-se possível identificar qual o grau de formação inicial que possui.

No caso da pergunta 4 pretende-se aferir o modo como foi conseguida a qualificação profissional, ao passo que na questão 5 agrupou-se novamente a variável quantitativa em jogo, neste caso «tempo de serviço docente no grupo 510», em classes de aproximadamente 5 anos, à semelhança do que foi feito na questão 2. Deste modo, será possível comparar das prestações dos docentes nas mesmas circunstâncias tendo em consideração a sua experiência profissional.

De seguida, na questão 6, é pedido ao inquirido que forneça a indicação do tipo de vínculo profissional que o liga à escola onde exerce funções. Trata-se de uma pergunta de escolha múltipla em leque aberto pois existe a opção de ele mesmo acrescentar uma outra opção de resposta para além das que são fornecidas. Convém referir que se acrescentou a opção «Não colocado(a)» porque, inicialmente, pensou-se também em distribuir os questionários a docentes ainda à espera de colocação no ano lectivo 2007/08, mas que reunissem todos os requisitos acima mencionados para poderem participar no estudo. Esta hipótese ventilou-se de modo a não comprometer este trabalho de investigação caso a colaboração por parte dos docentes colocados não fosse positiva. De facto, por vezes, a receptividade dos órgãos de gestão das escolas e dos professores aos inquéritos por questionário não é a melhor, sobretudo devido à grande quantidade de solicitações que actualmente existem. Felizmente, neste caso, esta situação não se verificou tendo havido, de um modo geral, colaboração por parte de todos os intervenientes que foram convidados a participar. Como esta é uma questão-filtro, caso o questionário tivesse sido ministrado a inquiridos sem colocação, a pergunta seguinte ficaria sem efeito para eles.

Na questão 7, o inquirido deverá seleccionar a escola na qual se encontra colocado. O objectivo desta pergunta não é associar os docentes e os resultados por si obtidos neste inquérito a uma determinada escola, de modo a tirar conclusões específicas, mas sim apenas ajudar a calcular

a percentagem de questionários devolvidos e válidos por escola, permitindo também retirar ilações mais gerais, por exemplo, ao nível de concelho. A pergunta 8 é, igualmente, fechada e pretende determinar qual o nível de ensino onde o inquirido tem leccionado predominantemente, desde 2002/03, de modo a avaliar a experiência que possui no contacto com a realidade do 3.º CEB.

Finalmente, a questão 9 visa identificar a diversidade de cargos que o docente assumiu durante o período de 5 anos lectivos a que o estudo se refere. Trata-se de mais uma pergunta de escolha múltipla em leque aberto pois existe a possibilidade de seleccionar mais do que uma das opções que são fornecidas, bem como ainda de acrescentar uma nova.

2.4. Segunda Parte do Questionário

No segundo grupo de questões analisa-se a situação do docente face ao tema *Terra no Espaço* e é feito um estudo sobre a forma como ele aborda os conteúdos de Astronomia do tema. É constituído por um conjunto de 16 questões, classificadas do modo indicado na tabela 2.4.

Parte II – A Abordagem ao Tema Terra no Espaço		
Questão / Questões	Tipo	Modalidade
1, 2 e 3	De facto	Fechadas
4	De facto	Escolha múltipla
5	Opinião	Escolha múltipla
6 e 7	De facto	Fechada
8 e 9	De facto	Escolha múltipla
10	De facto	Fechada
11	De facto	Escolha múltipla
12	Opinião	Semi-aberta
13	De facto	Fechada
14	De facto	Escolha múltipla
15 e 16	Opinião	Escolha múltipla

Tabela 2.4: Classificação das perguntas da 2.ª parte do questionário

Assim, nas duas primeiras questões, pretende-se determinar se os inquiridos leccionaram o tema em 2007/08¹ e qual o número de anos lectivos em que o fizeram recentemente, ou seja, desde 2002/03, daí estarem envolvidas 6 opções de resposta. Deste modo, torna-se possível quantificar o nível de experiência do inquirido nesta matéria.

Tal como foi referido atrás, muitos dos docentes de Física e Química que actualmente se encontram no sistema de ensino têm cursos superiores cuja estrutura nem sempre deu a ênfase necessária aos conceitos de Astronomia. Deste modo, é particularmente relevante determinar se os inquiridos tiveram formação específica nesta área (questão 3) e, em caso afirmativo, qual a forma como foi conseguida, isto é, se através da formação inicial e/ou pela frequência de acções de formação contínua, conforme é pedido na pergunta 4. Como existe a possibilidade da formação específica ser obtida simultaneamente das duas formas, a questão 4 é de escolha múltipla em leque fechado, sendo que a pergunta 3 é uma questão-filtro relativamente à 4.

Ao contrário de todos os casos anteriores, que constituem perguntas de facto, na situação seguinte estamos na presença de uma pergunta de opinião, na modalidade de escolha múltipla de avaliação, sendo o inquirido confrontado com a questão de se considerar ou não apto para ensinar o tema. Nesta questão é aplicado aquilo que se designa por escala de atitude.

Assim, as escalas de atitude são instrumentos concebidos para medir o grau de intensidade das atitudes e das opiniões de um sujeito a respeito de determinado fenómeno, visando a captação de informação e permitindo-lhe diversas opções entre uma série graduada que é proposta.

Na pergunta 5 escolhemos então três graus de resposta: Sim, Não e Não sei. A opção «Não sei» foi, igualmente, incluída na resposta pois também pretendemos saber se, efectivamente, o inquirido se encontra consciente das dificuldades inerentes ao ensino desta matéria. Contudo, Pardal e Correia (1995, p.58) alertam para o cuidado com que esta opção deve ser analisada, pois:

- Pode significar receio de emitir ou revelar uma atitude;
- Pode estar associada à não compreensão da pergunta;
- Pode esconder falta de tempo para responder a um questionário.

As questões 6 e 7 centram-se na preponderância que o docente atribui aos manuais escolares na planificação didáctica das suas aulas e no esclarecimento de dúvidas de natureza científica, respectivamente. Assim, uma vez determinadas as principais fragilidades de índole

¹ Note-se que este trabalho de investigação foi implementado no decorrer do ano lectivo 2007/08.

pedagógico e científico, com base nos resultados destas questões poderemos saber em que medida os manuais poderão fornecer uma ajuda relevante nessa matéria.

Posteriormente, na questão 8, o docente é convidado a seleccionar o(s) meio(s) que habitualmente utiliza para o esclarecimento das suas dúvidas relacionadas com a Astronomia sendo, desde modo, generalizada a questão anterior. Tal como a pergunta 8, a questão 9 também é de escolha múltipla em leque aberto. No caso desta última deve(m) ser escolhido(s) os recursos pedagógicos habitualmente usados nas aulas constando, de entre as várias opções apresentadas, as simulações computacionais, material que infelizmente ainda é pouco usado nas nossas escolas.

Na sequência da ideia anterior, é pedido ao inquirido na pergunta 10 que assinale o grau de experiência que possui no que respeita à utilização de software de Astronomia, como sejam o caso dos planetários virtuais ou outros simuladores interactivos. Esta é uma questão-filtro pois, em caso afirmativo, o docente é encaminhado para a pergunta 11, onde poderá escolher o(s) programa(s) onde possui mais prática. As opções dadas mencionam o software educativo habitualmente mais usado nesta área, havendo contudo a possibilidade de mencionar uma outra opção livre para além destas, o que faz todo o sentido em virtude da enorme diversidade de aplicações disponíveis nesta matéria, sobretudo na Internet. Mais uma vez estamos então perante uma pergunta de escolha múltipla em leque aberto.

A questão 12 é considerada semi-aberta pois inclui um item de resposta aberta, neste caso uma justificação (Oliveira, 2005). É pedida uma opinião fundamentada sobre a importância da Astronomia como ponto de partida para o início do estudo da Física, no âmbito da disciplina de CFQ.

De seguida, como forma de enriquecimento das aulas e aumento da bagagem científica, o docente é confrontado acerca do seu envolvimento em actividades de observação astronómica, quer simplesmente como participante ou então como organizador das mesmas. Esta questão irá averiguar outro ponto sensível, a pouca prática de observação no terreno e manipulação de equipamentos que previsivelmente a maioria dos docentes têm.

A pergunta 13 funciona como questão-filtro relativamente à 14. Aqui, caso tenha respondido afirmativamente no item anterior, o docente deve escolher a(s) forma(s) como efectuou a observação astronómica, isto é, qual o tipo de equipamento que utilizou (ou não). A opção «Vista desarmada» foi incluída pois é possível, apenas a olho nu, efectuar um óptimo reconhecimento do céu nocturno desde que se tenham, naturalmente, alguns conhecimentos acerca da localização dos astros na esfera celeste.

Nas questões 15 e 16, ambas de escolha múltipla de avaliação, mais uma vez será utilizada uma escala de atitude. Os tipos de escalas de atitudes podem ser muito variados. Nas situações em causa, optámos por aquilo que Pardal e Correia (1995, p.70) designam por escalas de intensidade ou escalas de apreciação. Elas organizam as atitudes e as opiniões sobre um conjunto ordenado de respostas. Assim, foram escolhidos cinco graus de resposta, que são: Irrelevante, Pouco relevante, Relevante, Bastante relevante e Essencial.

Segundo Cachapuz et al. (1989), deve-se optar por uma escala par, de modo a evitar uma posição de neutralidade por parte do inquirido, em caso de indecisão entre aspectos positivos e negativos. Contudo, neste caso, o grau de resposta «Relevante» não corresponde propriamente a uma situação neutral, mas sim já considerada positiva, sendo que esta escala tem ainda a particularidade de permitir que cada um dos parâmetros venha expresso de 1 a 5, que como sabemos é um método de classificação muito utilizado no meio educativo.

Assim, a questão 15 foi construída com base num conjunto de competências essenciais do ensino das ciências, adaptado para o caso concreto da Astronomia. Iremos então avaliar o grau de importância para os inquiridos que cada um dos quinze itens indicados desempenha no processo de ensino-aprendizagem do tema *Terra no Espaço*.

Finalmente, no caso da pergunta 16, será feito um levantamento da relevância pedagógica que os docentes atribuem ao uso de modelos físicos ou computacionais interactivos, na abordagem a cada um dos treze tópicos indicados e que constituem os pontos-chave dos conteúdos do tema.

2.5. Terceira Parte do Questionário

Ao invés das duas partes anteriores, que são de resposta obrigatória, a última parte do questionário é de resposta facultativa por parte do inquirido. Optou-se por esta estratégia de modo a não inibir o docente de responder ao questionário pois, neste caso, tratam-se de questões de natureza puramente científica, relacionadas com a matéria, com vista a determinar as suas fragilidades na abordagem ao tema. Este facto poderia causar alguns constrangimentos o que pensamos ter sido ultrapassado ao ter-se proposto a última parte como facultativa. Assim, após comprovar o anonimato do questionário e ao verificar que este é respondido de forma célere, achamos que o inquirido sentir-se-á mais motivado e seguro para o responder na sua totalidade.

Optamos por um conjunto de vinte questões científicas, distribuídas pelas três unidades do tema com conteúdos de Astronomia. Assim, incluímos seis questões no âmbito da unidade

Universo, outras seis associadas à unidade *Sistema Solar* e, finalmente, oito questões relacionadas com a unidade *Planeta Terra*, aquela que aborda à partida conceitos com um maior grau de abstracção. Deste modo, podemos ainda definir para este «teste» uma escala de classificação de 0 a 20. O quadro 2.5 classifica estas perguntas quanto ao tipo e à modalidade:

Parte III – Questões Práticas de Astronomia		
Questões	Tipo	Modalidade
1 a 20	De facto	Fechadas

Tabela 2.5: Classificação das perguntas da 3.ª parte do questionário

Será dada uma atenção particular a certos assuntos, habitualmente mais delicados, que constam nas orientações curriculares, estando envolvidos no questionário sobretudo os conteúdos:

- Estrutura e formação do Universo;
- Ciclo de vida das estrelas;
- Identificação de estrelas e constelações;
- Constituição do Sistema Solar;
- Características dos astros do Sistema Solar;
- Rotação da Terra e as suas consequências;
- Sucessão das estações do ano;
- Fases da Lua;
- Eclipses lunares e solares;
- Utilização de coordenadas celestes;
- Efeitos das forças gravitacionais.

É importante acrescentar que muitos dos astros mencionados no questionário são visíveis no céu à vista desarmada durante o Inverno, a época do ano em que, geralmente, é leccionado o tema. Assim, para além de bastante conhecidos, eles são também passíveis de fácil identificação para os sujeitos minimamente preocupados com o assunto.

Vamos, de seguida, fazer uma análise do teor de cada uma das perguntas formuladas, discutindo qual o propósito dos diferentes itens de resposta fornecidos e indicando, obviamente, qual a opção correcta.

Assim, na pergunta 1 é questionado qual das três galáxias indicadas se encontra mais próxima da Via Láctea. Pretende-se verificar qual a noção que existe da distância de algumas galáxias conhecidas relativamente à nossa. A resposta correcta é a Grande Nuvem de Magalhães, contudo também se incluiu nas opções outra galáxia do Grupo Local, Andrómeda, por ser sobejamente conhecida e a maior do Grupo Local e assim poder confundir os inquiridos menos informados. Incluiu-se, igualmente, nas opções a galáxia Sombrero, sobretudo devido ao seu mediatismo derivado do seu aspecto peculiar.

Na pergunta seguinte, bastante acessível, o inquirido deve seleccionar a constelação com a forma de um «w». Pretende-se averiguar a facilidade de identificação das constelações mais conhecidas. As opções indicadas, Perseu, Andrómeda e Cassiopeia, situam-se todas na mesma região da esfera celeste, devendo contudo ser escolhida a última como sendo a correcta.

Na questão 3 continuam a ser postos à prova os conhecimentos básicos relativos à localização dos astros no céu nocturno. Assim, o docente deve saber que Polar e Sírio são, respectivamente, as estrelas mais representativas das constelações da Ursa Menor e de Cão Maior. Em acréscimo, a estrela Polar está associada, desde a antiguidade, à localização do ponto cardeal norte, ao passo que Sírio é conhecida por ser a estrela mais brilhante na Terra depois do Sol. Uma resposta numa destas duas opções será um forte indício de muitas fragilidades neste campo. Assim, a estrela pertencente à constelação de Touro, conforme é pedido, é Aldebaran, uma gigante vermelha que se destaca nas noites de Inverno próximo das Plêiades.

A pergunta 4 remete-nos precisamente para o Enxame Aberto das Plêiades, um aglomerado de estrelas bem visível a olho nu e que, tal como a estrela Aldebaran, se situa em Touro. Neste caso, já é necessário um conhecimento um pouco mais aprofundado da esfera celeste, sendo dadas como alternativas incorrectas as constelações de Oriente e Cão Maior.

De seguida, é pedido que seja seleccionada a estrela supergigante vermelha da lista apresentada. A cor das estrelas está associada à sua temperatura superficial, logo as azuladas são mais quentes que as avermelhadas, derivado também do facto de estarem em fases diferentes do seu ciclo de vida. Assim, a cor branca azulada de Sírio e sobretudo de Rigel, da constelação de Oriente, indiciam temperaturas superficiais muito superiores à supergigante vermelha Betelgeuse, também de Oriente, uma estrela já na fase final do seu ciclo de vida.

A questão 6 é a última do teste que envolve conceitos associados à unidade didáctica *Universo*. Neste caso, é pedida a interpretação da referência «15×70», indicada nuns binóculos. Um inquirido com alguma experiência com equipamento de observação deve saber que 15× significa a

ampliação do equipamento, ao passo que o 70 mm se refere à abertura da objectiva. As outras duas opções fornecidas visam apenas confundir os inquiridos menos informados por colocarem em jogo o conceito de «distância focal».

Posteriormente, o questionário centra-se nos conteúdos relacionados com a unidade *Sistema Solar*. Na questão 7 é pedida a idade estimada do Sol. As opções «13,7 mil milhões de anos» e «13,7 milhões de anos» estão incorrectas, uma porque se refere à idade aproximada do Universo e a outra corresponde a um valor sem qualquer significado neste contexto, que visa apenas ludibriar o inquirido devido à magnitude do número envolvido. O Sol surgiu muito depois do surgimento do Universo, sendo a sua idade estimada em 4,5 mil milhões de anos, estando sensivelmente a meio do seu tempo de vida.

Tal como na situação anterior, na questão 8 são postos à prova os conhecimentos do inquirido acerca da nossa estrela, em específico confrontando-o com o nome atribuído à camada visível do Sol. Embora não seja a camada mais exterior, pois acima dela ainda existem a cromosfera e a coroa solar, a camada exterior da atmosfera solar, é da fotosfera que é emitida a maior parte da luz visível do Sol. A cromosfera e a coroa só podem ser vistas utilizando filtros e equipamentos especiais, ou durante um eclipse solar.

Na pergunta 9, prosseguimos com o levantamento das competências adquiridas pelos docentes ao nível da constituição do Sistema Solar, neste particular abordando a proveniência dos chamados cometas de longo período. Este tipo de cometas, ao contrário dos de curto período que têm origem na Cintura de Kuiper (na zona de Plutão), possuem períodos muito superiores a 200 anos e são provenientes da Nuvem de Oort, no Sistema Solar exterior. Trata-se de uma vasta região esférica, constituída por uma enormidade de partículas de gelo e poeira, que ocasionalmente são atiradas para o Sistema Solar interior devido a perturbações gravitacionais. A outra opção de resposta, a Cintura de Asteróides, é formada por corpos cuja constituição é mais próxima à dos planetas rochosos, orbitando o Sol num plano próximo da eclíptica, estando obviamente incorrecta.

A questão seguinte remete-nos para outro tipo de corpos, de proveniências diversas, que podem interferir com o nosso planeta. O inquirido deve ter em consideração que estes corpos são chamados de meteoróides quando vagueiam no espaço, mas ao entrarem na atmosfera assumem designações distintas consoante a situação que ocorre. Assim, se eles se desintegram na atmosfera originam um fenómeno conhecido por chuva de meteoros ou de estrelas cadentes. Contudo, se esses corpos são grandes o suficiente permitindo-lhes atingir a superfície da Terra passam a ser designados por meteoritos. A aparente semelhança dos termos pode gerar algumas dúvidas no

momento da resposta no caso destes conceitos não estarem devidamente compreendidos, sendo esta a maior dificuldade.

Como referimos antes, a Astronomia é das áreas que maior evolução tem sofrido nos últimos tempos. Neste particular, merecem destaque os vários candidatos ao estatuto, primeiro de planeta e posteriormente de planeta-anão, que têm surgido nos últimos anos. Assim, a questão 11 pretende averiguar até que ponto o docente mostra preocupação em manter os seus conhecimentos actualizados nesta área. É pedido o estatuto atribuído a Éris pela União Astronómica Internacional, sendo fornecidas as opções «Centauro», «Planeta Principal» e «Planeta Anão». Durante algum tempo Éris foi conhecido pela designação provisória 2003 UB₃₁₃, sendo considerado o décimo planeta do Sistema Solar, aspecto que gerou muita polémica na comunidade científica. Contudo, em 2006, a definição de planeta principal foi alterada, surgindo a categoria de planeta-anão à qual Éris, nome dado em homenagem à deusa grega da discórdia, passou a pertencer. Como consequência desta polémica Plutão foi despromovido à categoria de planeta-anão. Resta referir que a outra opção dada não se enquadra no contexto da pergunta pois os «Centauros» são um tipo de corpos menores que orbitam entre Júpiter e Saturno.

De seguida, surge uma pergunta com maior grau de dificuldade sobre o conhecimento dos astros do Sistema Solar. Assim, é pedido o planeta no qual orbita Tritão, sendo referido que esta lua é considerada como o astro mais frio do Sistema Solar. Optou-se por esta informação adicional, não apenas por ser um dado curioso, mas sobretudo por poder induzir em erro alguns inquiridos menos informados por, eventualmente, os conduzir a responder Plutão que, dos planetas indicados, é o que está mais afastado do Sol. Tritão é a maior lua de Neptuno, devendo-se a sua temperatura extremamente baixa à pouca absorção da fraca luz solar, devido ao seu albedo elevado (0,7 - 0,8)¹.

As restantes perguntas do questionário centram-se na unidade temática *Planeta Terra*, sendo então abordados fenómenos envolvendo directamente o nosso planeta. Assim, relativamente à 13, questiona-se a que é equivalente o período de rotação da Terra. Não acreditamos que hajam docentes que não saibam o significado de período de rotação, contudo aqui é aprofundado este conceito. Assim, para que um determinado ponto da Terra volte a ocupar a mesma posição relativamente a uma estrela muito distante o nosso planeta tem que efectuar uma rotação completa, ou seja, girar 360°. No entanto, se a análise for feita em relação ao Sol a Terra vai ter que rodar um pouco mais do que isso pois também temos que ter em conta o seu movimento de translação. É por esta razão que faz sentido falar em dia sideral e dia solar, sendo então o primeiro equivalente ao

¹ Informação mais detalhada em <http://www.if.ufrj.br/teaching/astron/triton.html> (hiperligação activa em Abril de 2009).

período de rotação da Terra. São de prever falhas nesta questão dado o grau de complexidade envolvido.

A questão seguinte remete-nos para o significado dos equinócios, ou seja, as alturas do ano em que os dias e as noites têm igual duração. Como aqui nenhum dos hemisférios fica mais exposto à luz solar do que o outro, o que ocorre durante o resto do ano devido à conjugação da inclinação do eixo de rotação da Terra com o seu movimento de translação, podemos então afirmar que nestas épocas em todos os lugares da Terra o dia e a noite têm a mesma duração.

A pergunta 15 envolve o fenómeno da inclinação dos raios solares em relação à superfície da Terra. É importante compreender que quanto menor for esta inclinação mais alta será a posição atingida pelo Sol durante o seu movimento aparente. Assim, tendo em consideração que é ao meio-dia que o Sol atinge a posição mais elevada acima do horizonte e que, como vimos na questão anterior, durante os equinócios ambos os hemisférios estão igualmente expostos à radiação solar, constata-se que nestas datas o Sol vai-se encontrar sobre a cabeça do observador ao meio-dia se ele se encontrar no equador. As outras duas opções fornecidas, «No dia do solstício de Junho» e «Em qualquer data», visaram apenas atrapalhar a decisão em relação à resposta.

Na questão seguinte continua-se a investigar as fragilidades associadas à compreensão dos efeitos da inclinação dos raios solares na Terra. Neste contexto, no solstício de 21 de Dezembro a metade do planeta mais exposta à radiação solar é o hemisfério sul. Em particular, sobre o Trópico de Capricórnio a inclinação dos raios solares será menor, atingindo o Sol o zénite do observador ao meio-dia. A opção «Trópico de Câncer» só estaria correcta tratando-se do solstício de 21 de Junho, ao passo que a alternativa «Equador» só se aplicaria se fossem considerados os equinócios de Março e Setembro, como vimos na pergunta 15.

De seguida, é proposta a resposta a duas questões envolvendo os fenómenos dos eclipses. Na pergunta 17, o inquirido é confrontado com a situação de um eclipse anular, sendo-lhe solicitado que indique a ponto da órbita da Lua que propicia a ocorrência de um eclipse desta natureza. Antes de mais, é necessário ter em conta que estes eclipses só ocorrem porque a órbita da Lua (e também da Terra) é ligeiramente excêntrica, provocando uma variação do diâmetro aparente da Lua já significativa. Assim, se um eclipse solar ocorrer com a Lua na região do apogeu (ponto mais afastado da órbita) ela vai parecer mais pequena e não vai ocultar totalmente o Sol, mesmo que o eclipse seja total, sobrando um fino anel de Sol à volta do disco lunar. Neste contexto, as restantes opções de resposta não fazem qualquer sentido, pois perigeu corresponde ao ponto da órbita da

Lua em que esta está mais próxima da Terra e periélio o ponto da órbita da Terra em que esta está mais perto do Sol.

Na questão 18 é feita referência à Linha dos Nodos que é uma linha imaginária formada pela intercepção dos planos das órbitas da Lua e da Terra. Quando esta linha intersecta também o Sol podem ocorrer eclipses solares ou lunares se a Lua estiver nas fases de Lua Nova ou Lua Cheia, respectivamente. Este facto responde à pergunta formulada excluindo assim as outras duas opções fornecidas, que se referem a cada um fenómenos de forma isolada.

As duas últimas perguntas da parte científica do questionário têm em comum o facto de estarem associadas ao conceito de atracção gravitacional. A pergunta 19, em particular, tem a ver com o fenómeno das marés e pretende que o inquirido relacione a força gravitacional com a força de maré exercida pela Lua sobre um qualquer ponto da Terra. Primeiro que tudo, ele deve ter em conta que a força de maré é um efeito secundário da força gravitacional, sendo responsável pelas marés oceânicas. Ela surge porque a força gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra não é constante em toda a sua superfície. Deste modo, o lado da Terra mais próximo da Lua experimenta uma força gravítica por parte desta mais intensa do que o lado oposto. Esta diferença de forças gravitacionais é então responsável pelas marés e é chamada de força de maré. Assim, dois locais da Terra diametralmente opostos têm forças de maré com valores semelhantes, mas de sentidos contrários. Neste contexto, conclui-se que para qualquer ponto do nosso planeta a força de maré de origem lunar é sempre inferior à força gravitacional exercida pela Lua sobre esse ponto. Esta pergunta tem inerente um certo grau e complexidade, sendo previsivelmente a menos acessível do questionário.

Por fim, a questão 20 solicita ao docente que indique em qual dos locais referidos, junto ao nível do mar, é maior o valor da aceleração da gravidade. O valor desta grandeza pode ser calculado igualando a Lei da Atracção Universal com a Lei Fundamental da Dinâmica. Verifica-se que aumenta com a diminuição da distância ao centro da Terra logo é afectada por factores como a altitude ou a latitude, pois o nosso planeta é ligeiramente achatado nos pólos, sendo esta a resposta correcta. Nestas condições, o seu valor será inferior para uma latitude de 45° e ainda mais baixo no equador, dado que o raio da Terra aqui é maior.

Após uma abordagem pormenorizada sobre a estrutura do questionário, das perguntas presentes e das alternativas de resposta dadas, iremos agora discutir alguns aspectos relativos à sua concretização.

2.6. Recolha de Informação

Aquando da administração de um questionário, de acordo com Tuckman (2000, p.343), o inquirido deve ser informado dos seguintes pontos:

- Objectivo da investigação;
- Protecção a conceder ao sujeito;
- Endosso e aprovação do estudo;
- Legitimidade do investigador;
- Oportunidade para o esclarecimento;
- Pedido de cooperação;
- Orientações especiais.

Neste sentido, o impresso do questionário apresenta, de forma explícita, esclarecimentos em relação aos pontos anteriores, nomeadamente dando conta do estudo em causa e do âmbito em que é efectuado, assegurando assim a credibilidade do mesmo. É também garantido o anonimato do inquirido relativamente à informação dada. Para além desta informação e das instruções de preenchimento, presentes em cada exemplar, os questionários são ainda acompanhados de uma carta de apresentação¹, dirigida ao coordenador de departamento curricular e/ou delegado de grupo de cada escola, fundamentando o estudo e reafirmando o apelo à colaboração dos colegas de modo a ser possível concretizar o trabalho. Tivemos ainda o cuidado de fornecer o contacto telefónico e o endereço de e-mail para a eventualidade de ser necessário esclarecer alguma dúvida.

É também importante mencionar as regras de preenchimento. Assim, cada participante que queira entrar no estudo deve responder individualmente apenas a um impresso, assinalando com um (X) a(s) resposta(s) apropriada(s). As questões abertas devem ser respondidas por extenso no espaço pontado destinado a esse fim. Conforme se referiu antes, deve preencher obrigatoriamente as questões dos grupos I e II, sendo a resposta ao grupo III facultativa. Contudo, de modo a otimizar os resultados da investigação, o docente é convidado a responder ao inquérito na sua totalidade. A última parte deve ser feita sem consulta, uma vez que a Internet e outras fontes de informação podem ajudar na resposta, apelando-se por isso ao bom senso dos envolvidos.

¹ É fornecido em anexo um exemplar da carta de apresentação entregue nas escolas.

2.7. Estudo Piloto

Segundo Coutinho (2008), um questionário deve ser bem concebido e ter boa apresentação, sendo para isso necessário que este seja revisto antes de ser distribuído. Neste sentido, é necessário seleccionar uma amostra «teste» para que se possa obter informação acerca do tempo médio que um inquirido demora a responder ao mesmo, bem como identificar questões que não conduzam a dados relevantes.

No seguimento da ideia anterior, de um modo geral e de acordo com Bell (2004, p.129), é fundamental que as «cobaías», que poderão ser amigos e/ou familiares, respondam às seguintes questões:

1. Quanto tempo demorou a responder o questionário?
2. As instruções eram claras?
3. Achou alguma questão pouco clara ou ambígua? Se sim, qual(ais) e porquê?
4. Opôs-se a responder a alguma questão?
5. Na sua opinião foi omitido algum tópico importante?
6. Considerou o formato do questionário claro/atrativo?
7. Tem algum comentário a fazer?

De forma a averiguar o grau de exequibilidade, em contexto real, do questionário e das perguntas nele formuladas procedemos a alguns ensaios piloto junto de diversos colegas da área, não colocados nas escolas sujeitas ao estudo. Deste modo, a execução deste pré-teste permitiu:

- Avaliar o desempenho / funcionalidade do questionário, de modo a reformular caso fosse necessário;
- Analisar rigorosamente os dados, para detectar erros de lógica e de raciocínio.

As opiniões que recebemos neste âmbito foram, de um modo geral, muito favoráveis. O tempo médio dispendido nas respostas foi, conforme previsto, à volta de 30 minutos, tendo o questionário sido alvo de apreciações muito positivas por parte dos visados. Optámos somente por efectuar ligeiras alterações ao nível da sua formatação, de modo a que ocupasse no total três folhas, ficando duas páginas para cada uma das partes do questionário. Com base nas opiniões

recolhidas, bem como a partir do nosso próprio conhecimento dos assuntos em causa, foi-nos também possível avaliar quantitativamente de 1 a 5 o grau de dificuldade das questões científicas, informação que é fornecida no quadro seguinte.

Questão	Grau	Questão	Grau	Questão	Grau	Questão	Grau
1.	3	6.	3	11.	2	16.	4
2.	2	7.	2	12.	3	17.	3
3.	3	8.	3	13.	4	18.	4
4.	3	9.	3	14.	4	19.	5
5.	2	10.	2	15.	4	20.	1

Tabela 2.6: Classificação das perguntas do questionário quanto à dificuldade

A partir da classificação atribuída constatamos que, das vinte perguntas, existe uma (5%) de grau de dificuldade 1 (muito baixo), cinco (25%) de grau 2 (baixo), oito (40%) de grau 3 (intermédio), cinco (25%) de grau 4 (alto) e, finalmente, uma (5%) de grau 5 (muito alto), o que nos parece uma distribuição equitativa, tendo em conta que se pretende também fazer uma selecção dos inquiridos de acordo com as competências que demonstram possuir.

2.8. Implementação do Questionário

O questionário foi administrado nas escolas seleccionadas em Março de 2008, uma data em que era previsível o tema *Terra no Espaço* já ter sido totalmente leccionado, tendo sido entregue em mão. A razão desta opção prendeu-se com o facto de assim ser possível chegar à fala com as chefias e sensibilizá-las para a pertinência deste trabalho procurando, deste modo, conseguir uma maior taxa de participação. Na maior parte das situações fomos recebidos de imediato por elementos dos órgãos de gestão ou coordenadores de departamento. Nos casos em que, após várias tentativas, isso não foi de todo possível deixámos os envelopes com os questionários ao seu cuidado, tendo-os contactado via telefone mais tarde de forma a aumentar o grau de persuasão. Na generalidade das situações foi-nos manifestada total disponibilidade em colaborar no estudo.

O prazo dado até ser efectuada a recolha dos questionários, inicialmente, foi de 15 dias, contudo neste período foram poucas as escolas que cumpriram com o acordado, o que foi compreensível, visto a data em questão coincidir com o final do 2.º período. Assim, fomos mantendo

contactos regulares com as escolas na expectativa de obter o mais rápido possível as respostas, no entanto só em Maio é que conseguimos ter na nossa posse a maior parte dos impressos. O último envelope foi-nos devolvido apenas no final do ano lectivo e quando já julgávamos que tal não ia acontecer pois tratou-se da escola onde sempre foi mais difícil chegar à fala com os responsáveis. Posto isto, deve ser referido que é normal acontecer este tipo de condicionantes num trabalho deste género pois devemos reconhecer que a classe docente, cada vez mais, está sujeita a uma enorme carga de trabalho lectivo e não lectivo, o que limita ainda mais a sua participação neste género de estudos, até porque as solicitações como esta também não param de aumentar.

Escola	Entregues	Recebidos		Válidos		3.ª Parte	
	N.º	N.º	%	N.º	%	N.º	%
EB 2,3 Aires Barbosa	3	3	100%	3	100%	2	67%
EB 2,3 de Anadia	3	3	100%	3	100%	3	100%
EB 2,3 de Aradas	3	2	67%	1	50%	0	0%
EB 2,3 de Cacia	3	3	100%	3	100%	1	33%
EB 2,3 Castro Matoso	4	4	75%	3	75%	2	67%
EB 2,3 Dr. Acácio de Azevedo	3	3	100%	3	100%	2	67%
EB 2,3 Dr. Fernando Peixinho	2	2	100%	2	100%	0	0%
EB 2,3 da Gafanha da Encarnação	2	2	100%	2	100%	2	100%
EB 2,3 da Gafanha da Nazaré	3	3	100%	3	100%	2	67%
EB 2,3 João Afonso	5	3	80%	3	100%	3	100%
EB 2,3 José Ferreira Pinto Basto	3	2	67%	2	100%	2	100%
EB 2,3 de São Bernardo	3	2	67%	2	100%	1	50%
EB 2,3 de Vilarinho do Bairro	3	3	100%	3	100%	3	100%
EBI de Eixo	4	3	75%	3	100%	3	100%
Resultado Global	44	38	86%	36	95%	26	72%

Tabela 2.7: Tratamento estatístico relativo à implementação do questionário

O quadro anterior fornece os dados, a nível de escola e na globalidade, relativos à implementação do questionário de investigação, permitindo aferir a taxa de sucesso do estudo.

Note-se que as percentagens indicadas de questionários válidos foram calculadas com base nos que foram devolvidos. Já as taxas relativas à resposta da parte científica foram determinadas tendo em conta os questionários validados.

Assim, nas 14 escolas envolvidas no trabalho entregámos cerca de 44 questionários, tendo sido devolvidos 38, o que equivale a uma percentagem de 86%. Destes foram válidos cerca de 36 (95%), devido à recepção de um questionário nulo e de um outro em branco, tendo nos restantes sido cumpridas as regras de preenchimento. A taxa de questionários válidos calculada em relação ao número inicial entregue foi de 82%. Convém referir ainda que 26 dos questionários tinham também respondidas as questões de natureza científica o que, relativamente ao número de impressos devolvidos, dá uma taxa de 72%, ou seja, 59% tendo em conta os que foram entregues no início.

Conforme é possível constatar, a taxa de participação foi bastante elevada, superando inclusivamente as expectativas iniciais para uma investigação como esta o que, em nossa opinião, se deve à clareza do questionário bem como à forma e ao empenho que utilizamos para fazer passar a mensagem nas escolas acerca do que era pedido.

3. Tratamento de Resultados

3.1. Primeira Parte do Questionário

Vamos agora efectuar um levantamento dos resultados obtidos em cada uma das questões bem como um tratamento estatístico desses dados para, deste modo, ser possível atingir as conclusões a que propusemos com a realização deste trabalho.

Assim, nos quadros seguintes são indicados os resultados relativos à caracterização pessoal dos inquiridos. Com base nestes dados constatamos que a larga maioria é do sexo feminino, o que está de acordo com o facto de que actualmente as mulheres estão em situação dominante no ensino. Em relação à idade, a maior parte dos elementos situam-se na faixa etária dos 35 aos 50 anos o que se explica por ser cada vez mais complicado aos jovens professores conseguirem colocação, sobretudo em regiões muito procuradas do litoral, como é o caso de Aveiro.

1. Género	N.º	%
Masculino	7	19%
Feminino	29	81%

Tabela 3.1: Tratamento estatístico da questão 1 da 1.ª parte

2. Idade (a 31/08/2007)	N.º	%
Menos de 25 anos	0	0%
De 25 a 29 anos	2	6%
De 30 a 34 anos	2	6%
De 35 a 39 anos	13	36%
De 40 a 49 anos	13	36%
Mais de 49 anos	6	17%

Tabela 3.2: Tratamento estatístico da questão 2 da 1.ª parte

Relativamente às habilitações académicas, considerando todos os inquéritos válidos, temos que somente dois docentes referiram possuir o bacharelato, neste caso em Engenharia Química, tendo feito a profissionalização em serviço. A maioria, cerca de 31, possui o grau de licenciado, sendo que destes apenas 19 mencionaram o nome da habilitação que possuem. Um docente não

especificou o grau académico que lhe conferiu a formação inicial. Nestas condições, a distribuição dos docentes por cada um dos cursos de licenciatura referidos é:

- Ensino de Física e Química: 6
- Química – Ramo Educacional (ou Via Ensino): 5
- Engenharia Cerâmica e do Vidro: 3
- Química – Ramo Científico (ou Aplicada): 3
- Física – Ramo Educacional (ou Via Ensino): 2
- Curso Não Especificado: 13

Alguns dos inquiridos mencionaram possuir ainda formação pós-graduada. Um referiu possuir um curso de formação especializada em Administração Escolar, outro em Ensino de Física e Química e ainda um outro em Tecnologias de Informação e Comunicação. De acrescentar ainda que quatro docentes mencionaram ter mestrado pré-bolonha, sendo um em Ensino de Física e Química, outro em Ensino de Física e nos outros dois casos o nome do curso não foi especificado. Ninguém referiu possuir o grau de doutor.

A acrescentar também que dois dos inquiridos frequentavam o estágio pedagógico, estando por isso numa situação distinta relativamente aos demais. Esta informação é sintetizada a seguir.

3. Habilitações académicas	N.º	%
Bacharelato (EQ 2)	2	6%
Licenciatura (EFQ 6, QE 5, ECV 3, QC 3, FE 2, NE 12)	31	86%
Curso de Formação Especializada (AE 1, EFQ 1, TIC 1)	3	8%
Mestrado (EFQ 1, EF 1, NE 2)	4	11%
Doutoramento	0	0%
Outra (E 2)	2	6%
Sem resposta	1	3%

Tabela 3.3: Tratamento estatístico da questão 3 da 1.ª parte

Em relação à forma como foi conseguida a qualificação profissional para a docência, a resposta à questão 4 indicou-nos que cerca de 21 docentes (58%) conseguiram-na na formação inicial, através de cursos de licenciatura vocacionados para o ensino. Note-se que foram incluídas

neste grupo as respostas dadas pelos estagiários. Cerca de 14 docentes (39%) fizeram a profissionalização em serviço e apenas num inquérito não foi dada resposta (3%), não sendo igualmente possível aferir com exactidão pela resposta da pergunta anterior qual a habilitação académica que conferiu a formação inicial.

4. Qualificação profissional	N.º	%
Formação inicial	21	58%
Profissionalização em serviço	14	39%
Sem resposta	1	3%

Tabela 3.4: Tratamento estatístico da questão 4 da 1.ª parte

Tendo por base as respostas dadas à questão 5 foi possível verificar que a generalidade dos inquiridos já possui uma experiência de ensino considerável, conforme se pode constatar nos dados apresentados no quadro seguinte, onde 8 (22%) possui de 10 a 14 anos de serviço, 10 (28%) de 15 a 19 anos de serviço e 9 (25%) de 20 a 29 anos de serviço. Esta informação está em consonância com os resultados do quadro 3.1 concluindo-se que, no geral, se trata de um corpo docente de meia-idade e que se encontra igualmente a meio da sua carreira profissional.

5. Tempo de serviço docente no grupo 510	N.º	%
Menos de 5 anos	5	14%
De 5 a 9 anos	3	8%
De 10 a 14 anos	8	22%
De 15 a 19 anos	10	28%
De 20 a 29 anos	9	25%
Mais de 29 anos	1	3%

Tabela 3.5: Tratamento estatístico da questão 5 da 1.ª parte

Verificamos também que a maioria dos inquiridos já pertence aos quadros. Assim, ao associar os resultados da questão 5 com os da pergunta seguinte sai ainda reforçada a ideia que, de um modo geral, só com bastante tempo de serviço é possível aos docentes fixarem-se nesta

região. De facto, cerca de 23 (64%) referiram pertencer aos quadros de escola, 5 (14%) ao quadro de zona pedagógica, 6 (17%) são contratados, havendo ainda 2 (6%) a realizar estágio pedagógico.

6. Situação profissional	N.º	%
Quadro de Escola	23	64%
Quadro de Zona Pedagógica	5	14%
Contratado(a)	6	17%
Estagiário(a)	2	6%
Outra	0	0%

Tabela 3.6: Tratamento estatístico da questão 6 da 1.ª parte

7. Questionários válidos por concelho	N.º	%
Anadia	6	17%
Aveiro	18	50%
Ílhavo	7	19%
Oliveira do Bairro	5	14%

Tabela 3.7: Tratamento estatístico, por concelho, dos questionários válidos recebidos

8. Nível de ensino onde tem leccionado predominantemente (desde 2002/03)	N.º	%
Básico	25	69%
Secundário	1	3%
Em ambos	9	25%
Sem resposta	1	3%

Tabela 3.8: Tratamento estatístico da questão 8 da 1.ª parte

Na sequência da pergunta 7, é feita a distribuição dos questionários válidos recebidos pelos 4 concelhos em causa. Constatamos que é de escolas do concelho de Aveiro que é proveniente o maior número de questionários (50%), o que se explica por ser de todos o concelho mais populoso e, por este facto, possuir mais infra-estruturas educativas.

Relativamente ao nível de ensino onde os inquiridos leccionaram predominantemente, desde 2002/03, verificamos que existe uma clara maioria (69%) que tem leccionado apenas no 3.º

CEB, conforme é ilustrado na tabela 3.8, o que já seria de esperar pois uma boa parte destes docentes é efectivo na escola onde trabalha. Os dados recolhidos revelam ainda que 25% tem experiência simultaneamente no 3.º CEB e no ES e só 1 inquirido (3%) mencionou ter trabalhado mais tempo no nível secundário.

A maioria dos docentes referiu também já ter exercido cargos pedagógicos. Das respostas recolhidas constatamos que o cargo mais comum é o de director de turma, sendo referido por 28 inquiridos (78%). Segue-se o cargo de representante da disciplina, seleccionado por 12 elementos (33%). Cerca de 8 inquiridos (22%) referiram outros cargos para além dos indicados, nomeadamente:

- Director de instalações: 3
- Membro da Assembleia da Escola: 2
- Assessor do Conselho Executivo: 1
- Presidente da Assembleia da Escola: 1
- Coordenador de Educação para a Saúde: 1
- Coordenador do ensino recorrente: 1
- Mediador de curso de Educação e Formação de Adultos: 1
- Subcoordenador de departamento: 1

Apenas 4 inquiridos referiram nunca terem exercido qualquer cargo. Convém também ter em atenção que a acumulação simultânea de vários cargos deste género pode reduzir o tempo disponível destinado à preparação da componente lectiva, comprometendo assim a realização de actividades diversificadas e de natureza mais prática, que requerem tempo para serem implementadas. Neste contexto, todos os resultados obtidos estão expressos no quadro 3.9.

9. Assinale quais os cargos que desempenhou (desde 2002/03)	N.º	%
Nenhum	4	11%
Orientador de estágio	3	8%
Representante da disciplina	12	33%
Coordenador de departamento	7	19%
Director de turma	28	78%
Coordenador dos directores de turma	0	0%
Membro do conselho executivo	2	6%
Outro	8	22%

Tabela 3.9: Tratamento estatístico da questão 9 da 1.ª parte

3.2. Segunda Parte do Questionário

Vamos, de seguida, efectuar o mesmo tratamento estatístico ao segundo grupo de perguntas do questionário, no âmbito da abordagem pedagógica ao tema *Terra no Espaço*. Assim, constatamos que a esmagadora maioria dos inquiridos afirmou ter leccionado este tema mais do que uma vez desde 2002/03, sendo que 27 deles (75%) afirmaram tê-lo feito já no presente ano lectivo. Estes dados podem indiciar a existência de uma experiência já com um certo relevo na abordagem a esta matéria. Os quadros seguintes ilustram todos os dados recolhidos referentes às questões 1 e 2.

1. Leccionou o tema Terra no Espaço, do 7.º ano de CFQ, no presente ano lectivo?	N.º	%
Sim	27	75%
Não	9	25%

Tabela 3.10: Tratamento estatístico da questão 1 da 2.ª parte

2. Indique o número de anos lectivos em que leccionou o tema Terra no Espaço (desde 2002/03)	N.º	%
Um	2	6%
Dois	13	36%
Três	8	22%
Quatro	11	31%
Cinco	2	6%
Seis	0	0%

Tabela 3.11: Tratamento estatístico da questão 2 da 2.ª parte

Tal como seria de esperar, tendo em conta a estrutura da maioria dos cursos superiores desta área até há relativamente pouco tempo, a esmagadora maioria dos inquiridos revelou não ter tido formação específica em Astronomia no contexto da formação inicial. De facto, apenas um elemento revelou ter adquirido competências nesta área na formação inicial (Licenciatura em Ensino de Física e Química, na UTAD), bem como na formação contínua. Os restantes inquiridos que tiveram formação específica foi apenas através de acções de formação contínua, nas quais se

podem incluir os estudos pós-graduados, mencionados em dois casos. Desta análise, verificamos que 24 docentes (67%) referiram não ter formação específica na área, o que é significativo.

3. Teve alguma formação específica em Astronomia?	N.º	%
Sim	12	33%
Não	24	67%

Tabela 3.12: Tratamento estatístico da questão 3 da 2.ª parte

Deste modo, na pergunta 4, dirigida apenas aos 12 docentes que responderam afirmativamente à questão anterior, verifica-se que todos eles referiram ter adquirido preparação específica em acções de formação, havendo ainda um docente na situação já mencionada atrás.

4. Se respondeu SIM à questão anterior, indique em que contexto:	N.º	%
Formação inicial	1	3%
Acções de formação contínua	12	33%

Tabela 3.13: Tratamento estatístico da questão 4 da 2.ª parte

5. Considera-se bem preparado para leccionar o tema Terra no Espaço?	N.º	%
Sim	16	44%
Não	7	19%
Não sabe	10	28%
Sem resposta	3	8%

Tabela 3.14: Tratamento estatístico da questão 5 da 2.ª parte

Quando questionados em relação ao facto de se sentirem bem preparados para leccionar o tema o maior número respondeu que sim (44%), isto apesar de alguns dos que responderam afirmativamente terem dito antes nunca ter tido qualquer preparação específica o que, eventualmente, pode indiciar pesquisas sobre os assuntos antes de os abordar. Cerca de 19% refere não se considerar bem preparado ao passo que 28% não sabe o seu estado, o que não deixa de ser pertinente tendo em conta que são elementos que já leccionaram o tema mais do que uma

vez. Em três questionários não foi obtida qualquer resposta. Da análise de todos estes dados saiu reforçada a ideia de existir alguma insegurança na leccionação desta matéria.

Relativamente à relevância dada ao uso dos manuais escolares na preparação didáctica das aulas constatamos que a maioria (72%) refere usá-los sempre, optando assim por dar as suas aulas com base na sequência e abordagem metodológica dos assuntos que lá é expressa. Este facto, do ponto de vista dos alunos, pode ser encarado como positivo pois, contextualizando as aulas na abordagem feita nos manuais, pode ajudar a que eles obtenham melhores resultados.

Os manuais continuam a ser, igualmente, um instrumento importante no que toca ao esclarecimento de dúvidas de natureza científica. De facto, cerca de 61% dos inquiridos refere utilizá-los com alguma frequência para esclarecer questões específicas de astronomia, sendo que 25% elege-os como um recurso que utiliza sempre para este fim. Apenas 14% não os costuma utilizar com este objectivo, conforme é ilustrado na tabela 3.16. A utilização dos manuais com esta finalidade levanta desde logo um ponto muito pertinente, ou seja, a necessidade de que a informação por eles transmitida seja bastante clara, rigorosa e actualizada.

6. Recorre aos manuais escolares durante a planificação didáctica das suas aulas?	N.º	%
Sempre	26	72%
Nunca	0	0%
Por vezes	10	28%

Tabela 3.15: Tratamento estatístico da questão 6 da 2.ª parte

7. Recorre aos manuais escolares para esclarecer dúvidas de natureza científica sobre o tema?	N.º	%
Sempre	9	25%
Nunca	5	14%
Por vezes	22	61%

Tabela 3.16: Tratamento estatístico da questão 7 da 2.ª parte

Contudo, quando questionados sobre o(s) meio(s) que utiliza(m) preferencialmente para o esclarecimento de dúvidas científicas sobre o tema, 22 inquiridos (61%) referiram a consulta de sites temáticos na Internet, 19 deles (53%) a leitura de literatura especializada, na qual se incluem artigos em revistas científicas e, em 17 situações (47%), foram referidos os manuais escolares. Estes dados não deixam de ser significativos e mais uma vez alertam para a importância do cuidado

ao nível da informação transmitida, sobretudo nos casos da Internet e também dos manuais, conforme já foi referido.

8. Assinale qual o meio que utiliza preferencialmente para o esclarecimento de dúvidas relacionadas com Astronomia	N.º	%
Manuais escolares	17	47%
Sites temáticos na Internet	22	61%
Literatura especializada	19	53%
Outro	0	0%

Tabela 3.17: Tratamento estatístico da questão 8 da 2.ª parte

Em relação ao(s) recurso(s) pedagógico(s) mais utilizado(s) nas aulas, verificamos que o manual escolar foi claramente o mais indicado, tendo sido seleccionado 34 vezes (94%). As apresentações em acetatos e em PowerPoint foram escolhidas, cada uma, 23 vezes (64%). A utilização de modelos físicos foi indicada por 19 docentes (53%), ao passo que o uso de simulações computacionais foi referido por 14 inquiridos (39%).

9. Indique o(s) recursos pedagógicos que geralmente utiliza durante as suas aulas	N.º	%
Manual escolar	34	94%
Apresentação em acetatos	23	64%
Apresentação em PowerPoint	23	64%
Modelos físicos	19	53%
Simulações computacionais	14	39%
Outro	9	25%

Tabela 3.18: Tratamento estatístico da questão 9 da 2.ª parte

Cerca de 9 docentes (25%) mencionaram utilizar habitualmente outros recursos para além dos que já foram indicados atrás, a saber:

- Sites na Internet: 3
- Vídeos e filmes: 3
- Bancos de dados das editoras: 1
- Escola Virtual: 1
- Planetário portátil: 1
- Quadro interactivo: 1

A partir da informação anterior verifica-se uma menor apetência dos inquiridos para a utilização nas suas aulas de simulações interactivas, sobretudo computacionais, aspecto que é comprovado pelos dados recolhidos na questão 10. De facto, apesar de 19 inquiridos terem, como vimos, referido usar geralmente software interactivo o que se constata é que apenas um assume ter bastante experiência na sua utilização, enquanto 9 (25%) dizem possuir apenas alguma experiência. Cerca de 25 elementos (69%) não possuem experiência neste campo. Nestas duas perguntas verifica-se incoerência nas respostas por parte de alguns dos docentes.

10. Tem experiência ao nível da utilização de software de Astronomia e/ou planetários virtuais?	N.º	%
Bastante	1	3%
Alguma	9	25%
Nenhuma	25	69%
Não respondeu	1	3%

Tabela 3.19: Tratamento estatístico da questão 10 da 2.ª parte

Os docentes que responderam afirmativamente à questão anterior puderam seleccionar na questão 11 os programas onde possuem mais prática, tendo-se obtido os seguintes resultados:

11. Em caso afirmativo, indique qual o software de astronomia onde possui mais prática	N.º	%
Starry Night	1	3%
Celestia	2	6%
Stellarium	4	11%
Outro	3	8%
Não respondeu	1	3%

Tabela 3.20: Tratamento estatístico da questão 11 da 2.ª parte

Cerca de 3 inquiridos referiram utilizar outros programas para além dos fornecidos na lista, tendo sido indicado num caso o Deep Space Explorer e noutra o Winstars. O elemento restante não especificou o nome do programa em questão.

Na pergunta 12 os inquiridos são questionados sobre a importância da inclusão da Astronomia no início do estudo da disciplina de CFQ. Das respostas dadas, 31 (86%) foram

favoráveis e 3 (8%) consideram a inclusão negativa, sendo que 2 elementos (6%) não responderam à questão.

12. Considera importante a inclusão da Astronomia no início do estudo da disciplina de CFQ?	N.º	%
Sim	31	86%
Não	3	8%
Não respondeu	2	6%

Tabela 3.21: Tratamento estatístico da questão 12 da 2.ª parte

Apenas alguns dos elementos que responderam à pergunta apresentaram a justificação por extenso. Assim, dentre os argumentos positivos apresentados, destacam-se os seguintes:

- Criar maior motivação para a disciplina, uma vez que se trata de um tema que tem muita receptividade por parte dos alunos e eles demonstram interesse em esclarecer e aprofundar informações a que têm acesso, quer através de documentários como de notícias;
- Sensibilizar os alunos de que nós, seres vivos, somos constituídos pelas mesmas partículas que existem no espaço, de modo a eles compreenderem onde tudo começou;
- Fornecer uma visão global do Universo, ajudando a perceber a posição do planeta Terra;
- Permitir que os alunos tenham uma perspectiva mais abrangente do que nos rodeia e que é possível descobrir novos mundos através da exploração espacial e não só;
- Mostrar que o conhecimento evolui ao longo dos tempos como resultado dos avanços científicos e tecnológicos;
- Relacionar fenómenos astronómicos com situações observadas no dia-a-dia.

Quanto às razões negativas apontadas devem ser frisadas sobretudo:

- O facto da astronomia requerer um conhecimento abstracto muito elevado e que os alunos do 7.º ano não possuem;
- O pouco tempo que se tem disponível para se poder aprofundar os assuntos, sempre que necessário, uma vez que se trata de uma área extremamente abrangente;
- As dificuldades evidenciadas pelos alunos nos cálculos matemáticos realizados.

Quando confrontados com o facto de já terem participado e/ou organizado actividades de observação astronómica, como forma de enriquecimento às aulas, a maioria dos inquiridos (56%) respondeu afirmativamente, conforme é possível constatar pelos dados da tabela seguinte.

13. Já alguma vez participou e/ou organizou actividades de observação astronómica, como complemento às suas aulas?	N.º	%
Sim	20	56%
Não	16	44%

Tabela 3.22: Tratamento estatístico da questão 13 da 2.ª parte

Em relação ao(s) tipo(s) de equipamento utilizado(s) nas observações efectuadas, o telescópio foi seleccionado por cerca de 18 inquiridos, enquanto que os binóculos apenas por 3. Não deixa de ser curioso o facto da observação à vista desarmada só ter sido seleccionada 6 vezes quando é uma forma que, apesar de simples, se for efectuada com boas condições de visibilidade e com o auxílio de uma carta celeste, permite reconhecer no espaço os principais astros. Os resultados obtidos nesta questão encontram-se expressos na tabela que se 3.23.

14. Se respondeu SIM na questão anterior, indique o(s) tipo(s) de equipamento utilizado(s)	N.º	%
Telescópio	18	50%
Binóculos	3	8%
Vista desarmada	6	17%

Tabela 3.23: Tratamento estatístico da questão 14 da 2.ª parte

Na questão 15, conforme foi referido anteriormente, os docentes classificaram uma série de situações, no âmbito do processo de ensino-aprendizagem do tema *Terra no espaço*, de acordo com o grau de relevância que consideram apropriado. A leitura dos dados da tabela 3.24 permite então aferir que a maioria dos inquiridos considerou essenciais as competências a) (75%), b) (69%), e) (58%), f) (75%), g) (64%) e k) (53%), o que permite concluir que eles estão, de um modo geral, conscientes de que estas são características fundamentais que devem existir em aulas dinâmicas e com elevado rigor pedagógico e científico. Para as competências c), d), h), i) e j), embora o grau de relevância essencial não tenha sido o escolhido pela maioria, acabou por ser ainda aquele que foi seleccionado um maior número de vezes. Isto permite concluir que uma parte significativa dos docentes está bastante sensibilizada para a importância de se possuir uma boa bagagem de

conhecimentos, bem como de se actuar convenientemente em relação às concepções alternativas, que nestes assuntos e sobretudo a este nível teimam em ser muito abundantes. Em relação à importância de fomentar a interdisciplinaridade, no âmbito da alínea l), cerca de 50% dos docentes considera-a bastante relevante, o que acaba por ser um resultado esperado pois existem diversos pontos da matéria em comum, neste nível de ensino, sobretudo com a disciplina de Ciências Naturais. No caso da alínea m), a maioria dos inquiridos (61%) considerou-a bastante relevante, o que está de acordo com a ideia de que as Tecnologias de Informação e Comunicação cada vez mais são um recurso muito valioso usado pelos professores no ensino das ciências experimentais. Já na competência n), que se refere à preponderância que deve ser dada ao ensino experimental e ao uso de modelos interactivos, o maior número de respostas (47%) opta por a considerar também bastante relevante, sendo que 36% dos inquiridos considera-a mesmo essencial.

15. Classifique cada uma das situações seguintes de acordo com o grau de relevância que considere adequado	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5		Não respondeu	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
a) Capacidade de organização e clareza de linguagem	0	0%	1	3%	5	14%	3	8%	27	75%	0	0%
b) Actualizar os conhecimentos científicos e pedagógicos	0	0%	0	0%	3	8%	8	22%	25	69%	0	0%
c) Dominar os conteúdos do tema muito além do exigido nas aulas	0	0%	2	8%	7	19%	12	33%	14	39%	1	3%
d) Possuir uma boa cultura geral	0	0%	0	0%	6	17%	14	39%	16	44%	0	0%
e) Criar um bom ambiente nas aulas, impondo disciplina sem muita rigidez	0	0%	0	0%	4	11%	10	28%	21	58%	1	3%
f) Fomentar a participação dos alunos através de questões do dia-a-dia	0	0%	0	0%	3	8%	6	17%	27	75%	0	0%
g) Incentivar o espírito crítico dos alunos	0	0%	0	0%	3	8%	9	25%	23	64%	1	3%
h) Estabelecer relações CTSA	0	0%	1	3%	2	6%	13	36%	18	50%	2	6%
i) Detectar concepções alternativas dos alunos	0	0%	2	6%	8	22%	9	25%	16	44%	1	3%
j) Elaborar actividades partindo das concepções alternativas dos alunos	0	0%	1	3%	9	25%	10	28%	15	42%	1	3%
k) Levar os alunos a atingir as conclusões pretendidas	0	0%	1	3%	2	6%	12	33%	19	53%	2	6%
l) Fomentar a interdisciplinaridade (sobretudo com as outras ciências)	0	0%	0	0%	8	22%	18	50%	8	22%	2	6%
m) Ter experiência no uso das TIC	0	0%	0	0%	7	19%	22	61%	5	14%	2	6%
n) Dar ênfase ao ensino experimental e ao uso de modelos interactivos	0	0%	0	0%	5	14%	17	47%	13	36%	1	3%
o) Fomentar actividades de observação astronómica	0	0%	2	6%	11	31%	13	36%	7	19%	3	8%

Tabela 3.24: Tratamento estatístico da questão 15 da 2.ª parte

Finalmente, para a competência o), obteve-se um resultado que, embora algo surpreendente, já era de certa forma esperado e que acaba por reforçar a ideia de que não se estimula o suficiente a observação astronómica. No âmbito deste item, chegou-nos a ser dito que concretizar este género de actividades não é fácil por envolverem a presença dos alunos na escola durante o período nocturno. Isto é um facto, contudo normalmente este tema é leccionado no Outono / Inverno, quando anoitece relativamente cedo e, por outro lado, existem muitas tarefas que lhes podem ser pedidas como trabalho de casa e que eles podem realizar sem a presença do professor, nem que seja apenas a simples observação à vista desarmada, transmitindo a este depois apenas os resultados. De facto, apesar de 36% dos inquiridos considerar este tipo de actividades bastante relevante, cerca de 31% acha-as apenas relevantes (nível 3), tendo inclusivamente havido dois elementos (6%) que as consideram mesmo pouco relevantes. É de acrescentar ainda que os resultados obtidos neste caso são, considerando todas as situações, os que exprimem intensidades de opinião mais baixas, o que é elucidativo.

16. Classifique a relevância pedagógica do uso de modelos interactivos em cada um dos conteúdos do tema	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5		Não respondeu	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
a) Formação e evolução do Universo	1	3%	0	0%	13	36%	18	50%	2	6%	2	6%
b) Constituição do Universo	1	3%	0	0%	11	31%	13	36%	9	25%	2	6%
c) Distâncias no Universo	0	0%	0	0%	9	25%	17	47%	7	19%	3	8%
d) Constituição do Sistema Solar	1	3%	0	0%	3	8%	16	44%	14	39%	2	6%
e) Localização de objectos celestes	1	3%	0	0%	6	17%	18	50%	9	25%	2	6%
f) Movimento aparente da esfera celeste	0	0%	1	3%	7	19%	14	39%	12	33%	2	6%
g) Movimentos de rotação e de translação	0	0%	0	0%	3	8%	11	31%	20	56%	2	6%
h) A desigualdade dos dias e das noites	0	0%	0	0%	3	8%	17	47%	14	39%	2	6%
i) A sucessão das estações do ano e a inclinação dos raios solares	0	0%	1	3%	0	0%	18	50%	14	39%	3	8%
j) As fases da Lua e os eclipses	0	0%	1	3%	5	14%	15	42%	13	36%	2	6%
k) A força de atracção gravitacional	0	0%	1	3%	9	25%	16	44%	8	22%	2	6%
l) A origem das marés	0	0%	3	8%	6	17%	16	44%	9	25%	2	6%
m) Relação entre o valor do peso de um corpo com a latitude e a altitude	0	0%	1	3%	7	19%	17	47%	9	25%	2	6%

Tabela 3.25: Tratamento estatístico da questão 16 da 2.ª parte

Na questão 16 é pedido aos docentes que classifiquem a relevância pedagógica do uso de modelos interactivos nos diferentes conteúdos do tema *Terra no Espaço*. Assim, a maioria (56%) considerou essencial a sua utilização aquando do estudo dos movimentos de rotação e de translação, conforme se pode constatar ao analisar os dados da alínea g) da tabela 3.25. Verificou-se ainda que cerca de metade dos inquiridos (50%) consideram bastante relevante a utilização destes recursos no estudo dos conteúdos indicados nas alíneas a), e) e i), sendo que este nível de relevância é ainda o mais escolhido em todas as outras situações mencionadas.

A informação anterior permite então concluir que, de uma maneira geral, a utilização de modelos interactivos é considerada por muitos docentes como uma boa estratégia no ensino da Astronomia embora, tal como foi possível constatar pelas respostas dadas às questões 9 e 10 do grupo II, apenas uma parte reconheça utilizar modelos físicos. No caso dos modelos computacionais este número é ainda menor, em boa medida também devido ao facto de não serem alvo de uma divulgação adequada junto das escolas e dos professores, como veremos à frente.

3.3. Terceira Parte do Questionário

Vamos agora analisar a componente científica do questionário de modo a avaliar a reacção dos inquiridos perante questões concretas de Astronomia. Durante o tratamento estatístico das respostas foi tido em conta apenas o número de docentes (26) que preencheu esta parte do questionário.

1. Qual destas galáxias se encontra mais próxima da Via Láctea?	N.º	%
Andrómeda	12	46%
Sombrero	0	0%
Grande Nuvem de Magalhães	11	42%
Não respondeu	3	12%

Tabela 3.26: Tratamento estatístico da questão 1 da 3.ª parte

Assim, na 1.ª questão o número de respostas incorrectas supera o de correctas. De facto, das opções apresentadas, cerca de 12 inquiridos (46%) respondeu que a galáxia mais próxima da Via Láctea é Andrómeda, quando a resposta certa seria a Grande Nuvem de Magalhães, uma das

galáxias satélite da nossa, tendo sido dada apenas por 11 elementos (42%). Fica patente um certo desconhecimento em relação ao lugar que a nossa galáxia ocupa no Grupo Local.

A pergunta seguinte, de grau de dificuldade baixo, foi acertada pela esmagadora maioria dos inquiridos. Efectivamente 96% das respostas associaram Cassiopeia como a constelação que se assemelha a um 'w', tendo havido apenas uma resposta por dar.

2. Selecciona a constelação que possui a forma de um 'w'.	N.º	%
Perseu	0	0%
Andrómeda	0	0%
Cassiopeia	25	96%
Não respondeu	1	4%

Tabela 3.27: Tratamento estatístico da questão 2 da 3.ª parte

Continuando com as perguntas no âmbito da unidade didáctica *Universo*, de seguida verificou-se novamente uma taxa de acertos relevante pois sensivelmente dois terços dos inquiridos (69%) relacionaram a estrela gigante vermelha Aldebaran com a constelação de Touro.

3. Indique a estrela pertencente à constelação de Touro.	N.º	%
Aldebaran	18	69%
Polar	0	0%
Sírio	4	15%
Não respondeu	4	15%

Tabela 3.28: Tratamento estatístico da questão 3 da 3.ª parte

Na questão 4, conforme se referiu antes, era pedido para identificar a constelação onde se situam as Pléiades. Este enxame de estrelas encontra-se próximo de Aldebaran e na mesma constelação. Assim, cerca de 14 inquiridos (54%) responderam acertadamente, seleccionando a constelação de Touro como a opção correcta, contudo o número de respostas erradas e por dar foi superior à situação anterior e bastante maior do que o ocorrido na pergunta 2. Isto é um indício de que os inquiridos sentem-se menos à vontade à medida que os conhecimentos sobre a localização e identificação de astros no céu profundo se tornam mais exigentes, traduzindo assim uma

preparação científica nesta matéria que não é a mais adequada. Os resultados obtidos nesta pergunta estão expressos no quadro 3.29.

4. O Enxame Aberto das Plêiades, visível a olho nu, situa-se em que constelação?	N.º	%
Cão Maior	1	4%
Orionte	6	23%
Touro	14	54%
Não respondeu	5	19%

Tabela 3.29: Tratamento estatístico da questão 4 da 3.ª parte

De seguida, na pergunta 5, considerada por nós como tendo um grau de dificuldade inferior às duas últimas, a opção correcta (Betelgeuse) foi seleccionada por 15 inquiridos, sendo uma vez mais a maioria das respostas dadas (58%) a correcta. Contudo, deve ser registado o facto de 10 elementos (38%) não terem apresentado qualquer resposta.

5. Qual destas estrelas é uma supergigante vermelha?	N.º	%
Rigel	1	4%
Betelgeuse	15	58%
Sírio	0	0%
Não respondeu	10	38%

Tabela 3.30: Tratamento estatístico da questão 5 da 3.ª parte

6. O que significa a referência 15×70 indicada nuns binóculos?	N.º	%
Ampliação e distância focal	7	27%
Ampliação e abertura	6	23%
Distância focal e abertura	1	4%
Não respondeu	12	46%

Tabela 3.31: Tratamento estatístico da questão 6 da 3.ª parte

A questão 6, que de certo modo serve de ponte entre os conteúdos das unidades *Universo* e *Sistema Solar*, obriga a alguns conhecimentos sobre as características dos instrumentos de

observação, neste caso binóculos. Através da informação obtida verificamos que a maior parte dos docentes não sabe interpretar correctamente o significado destas indicações, confundindo conceitos como ampliação, distância focal e abertura da ocular. Assim, 31% das respostas dadas foram incorrectas e em 46% dos casos nem sequer foi apresentada resposta. Apenas 6 inquiridos (23%) associaram correctamente a referência «15×70» como sendo a ampliação e a abertura do instrumento. Fica assim evidenciada a falta de experiência de um número significativo de professores no que toca à utilização de equipamento de observação astronómica.

Já dentro dos assuntos relacionados com a unidade *Sistema Solar*, na pergunta 7 é solicitado aos inquiridos que indiquem a idade do Sol. Apesar de ser uma das perguntas do teste com grau de dificuldade mais acessível, registaram-se algumas respostas surpreendentes. Assim, 3 docentes responderam 13,7 mil milhões de anos (a idade do Universo) tendo, inclusivamente, havido uma resposta a referir 13,7 milhões de anos, período no qual já haviam aparecido no nosso planeta os primeiros homínidos¹. Este tipo de respostas deixa transparecer um claro desconhecimento acerca da cronologia evolutiva do Universo e da Terra. Noutras três situações não foi sequer apresentada uma resposta. Apesar deste cenário, cerca de 19 inquiridos (73%) responderam correctamente, referindo 4,5 mil milhões de anos como sendo a idade estimada na nossa estrela.

7. Qual a idade estimada do Sol?	N.º	%
13,7 Milhões de anos	1	4%
4,5 Mil milhões de anos	19	73%
13,7 Mil milhões de anos	3	12%
Não respondeu	3	12%

Tabela 3.32: Tratamento estatístico da questão 7 da 3.ª parte

Aprofundando as competências sobre os astros do Sistema Solar, na questão 8 é pedido para identificar, em condições normais, a camada visível do Sol (fotosfera). Das respostas dadas, cerca de 17 (65%) são correctas. Das incorrectas, a coroa solar foi escolhida em 6 situações e a cromosfera em 2 delas. Houve ainda um elemento que não respondeu à pergunta. Analisando a informação recolhida constatamos que existem alguns docentes que, porventura, consideram a camada visível do Sol como a mais externa, o que é errado. As camadas superiores à fotosfera, a

¹ Informação retirada do site http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/guiao_fosseis/capitulo3.htm

cromosfera e a coroa, são chamadas de atmosfera solar, sendo apenas visíveis em situações especiais, usando equipamento apropriado.

8. Como é designada, em condições normais, a camada visível do Sol?	N.º	%
Fotosfera	17	65%
Cromosfera	2	8%
Coroa	6	23%
Não respondeu	1	4%

Tabela 3.33: Tratamento estatístico da questão 8 da 3.ª parte

Na situação seguinte, mais de metade dos inquiridos não associou a origem dos cometas de longo período à Nuvem de Oort, uma região do Sistema Solar exterior. De facto, 35% das respostas referiram-se à Cintura de Kuiper (fonte dos cometas de curto período) e 8% indicaram a Cintura de Asteróides, opção que não se enquadra no âmbito da questão.

9. Os chamados cometas de longo período têm a sua origem em que região do Sistema Solar?	N.º	%
Nuvem de Oort	12	46%
Cintura de Asteróides	2	8%
Cintura de Kuiper	9	35%
Não respondeu	3	12%

Tabela 3.34: Tratamento estatístico da questão 9 da 3.ª parte

10. Como se designam os fenómenos atmosféricos conhecidos popularmente por estrelas cadentes?	N.º	%
Meteoritos	2	8%
Meteoros	22	85%
Meteoróides	1	4%
Não respondeu	1	4%

Tabela 3.35: Tratamento estatístico da questão 10 da 3.ª parte

No âmbito da questão 10, também de grau de dificuldade baixo, verificamos que a grande maioria das respostas (85%) associa o fenómeno atmosférico dos meteoros às estrelas cadentes.

Podemos então concluir, com alguma segurança, que a generalidade dos inquiridos é capaz de efectuar uma distinção correcta entre os conceitos de meteoróide, meteoro e meteorito.

De seguida foi colocada à prova o nível de actualização de conhecimentos dos docentes relativamente à redefinição do conceito de planeta, efectuada em 2006. A questão em causa é acessível, tendo havido cerca de 18 inquiridos (69%) a responder correctamente, atribuindo a Éris o estatuto de planeta anão. Os restantes elementos não manifestaram qualquer resposta.

11. Qual o estatuto atribuído a Éris pela União Astronómica Internacional em 2006?	N.º	%
Centauro	0	0%
Planeta principal	0	0%
Planeta anão	18	69%
Não respondeu	8	31%

Tabela 3.36: Tratamento estatístico da questão 11 da 3.ª parte

12. Tritão, possivelmente o astro mais frio do Sistema Solar, é uma lua de que planeta?	N.º	%
Úrano	5	19%
Neptuno	18	69%
Plutão	1	4%
Não respondeu	2	8%

Tabela 3.37: Tratamento estatístico da questão 12 da 3.ª parte

Prosseguindo ainda com os conteúdos relativos ao estudo do Sistema Solar, na última pergunta sobre esta unidade pretendeu-se saber qual o planeta a que pertence a lua Tritão. Tal como no caso anterior, os resultados obtidos foram interessantes pois sensivelmente dois terços dos professores responderam correctamente, seleccionando Neptuno. Este resultado vem reforçar a ideia de que nesta unidade já existe uma certa bagagem em termos de conhecimentos previamente adquiridos, possivelmente por tratar de assuntos apelativos, actuais e sem grande complexidade, a que os próprios manuais escolares dão uma atenção especial.

Vamos agora dedicar a nossa atenção aos resultados obtidos às restantes questões do teste, relacionadas com a unidade didáctica *Planeta Terra*. No caso da pergunta 12, verificamos que a maioria das respostas dadas é correcta, cerca de 54%, pois o período de rotação da Terra

corresponde, efectivamente, ao dia sideral. Contudo, como se pode verificar através da leitura da tabela 3.38, existe uma percentagem de respostas erradas significativa o que, em nossa opinião, deixa transparecer algumas fragilidades na abordagem a este assunto.

13. A que é equivalente o período de rotação da Terra?	N.º	%
Ao dia sideral	14	54%
Ao dia solar	8	31%
A ambos	2	8%
Não respondeu	2	8%

Tabela 3.38: Tratamento estatístico da questão 13 da 3.ª parte

14. Nos equinócios os dias e as noites têm igual duração em que parte do globo?	N.º	%
No equador	5	19%
Nos pólos	1	4%
Em todos os lugares da Terra	17	65%
Não respondeu	3	12%

Tabela 3.39: Tratamento estatístico da questão 14 da 3.ª parte

A questão 14 remete-nos para o estudo das estações do ano e da influência destas na desigualdade dos dias e das noites. Verificamos que, apesar de algum grau de abstracção inerente à pergunta, uma maioria clara de respostas foi dada de forma correcta (65%). De facto, durante os equinócios os dias e as noites têm a mesma duração, qualquer que seja o lugar da Terra considerado. Isto pode-se provar facilmente usando um esquema ou um modelo onde se simule o movimento de translação da Terra, evidenciando a inclinação do seu eixo de rotação. Apesar disto, foram dadas 6 respostas erradas e 3 elementos não responderam sequer à pergunta.

Ainda no âmbito das estações do ano, na pergunta seguinte somente 5 inquiridos (19%) responderam correctamente ao considerarem que apenas nas datas dos equinócios é que o Sol se apresenta, ao meio-dia solar, no zénite de um observador situado no Equador. Trata-se de uma questão com grau de dificuldade 4 (elevado) e o resultado obtido confirma isso mesmo, ficando patentes claras fragilidades na abordagem a este assunto. Analisando os resultados errados, o dado mais curioso resulta do facto de 13 inquiridos (50%) terem optado por responder que o

fenómeno anterior pode ocorrer no Equador, em qualquer data, possivelmente por considerarem que esta região do globo é sempre a mais exposta à radiação solar durante todo o ano. Como já vimos isto não corresponde à verdade, sendo uma consequência da inclinação do eixo de rotação da Terra.

15. Um observador, situado sobre a linha do Equador, vê o Sol sobre a sua cabeça ao meio-dia solar em que época do ano?	N.º	%
Nas datas dos equinócios	5	19%
No dia do solstício de Junho	2	8%
Em qualquer data	13	50%
Não respondeu	6	23%

Tabela 3.40: Tratamento estatístico da questão 15 da 3.ª parte

16. No solstício de 21 de Dezembro, o Sol atinge o zénite ao meio-dia solar em que região da Terra?	N.º	%
No Trópico de Câncer	2	8%
No Trópico de Capricórnio	11	42%
No Equador	6	23%
Não respondeu	7	27%

Tabela 3.41: Tratamento estatístico da questão 16 da 3.ª parte

A questão 16 é do mesmo género da anterior, contudo desta vez pretende-se saber qual é a região da Terra onde o Sol atinge o zénite, ao meio-dia solar, no solstício de 21 de Dezembro. Assim, como já vimos antes, deve-se ter em atenção que nesta época do ano o hemisfério sul encontra-se mais exposto à radiação solar, sendo que esta incide na vertical, ao meio-dia solar, sobre o Trópico de Capricórnio. Esta resposta foi dada por 11 elementos (42%). Cerca de 6 inquiridos consideraram que este fenómeno ocorre no Equador, reafirmando-se assim a ideia de que há docentes que julgam que esta região do planeta é sempre a mais exposta à radiação solar, independentemente da época do ano em causa. Também há quem não associe correctamente os trópicos de Capricórnio e Câncer aos hemisférios sul e norte, respectivamente.

A questão 17 está relacionada com os eclipses, no caso concreto envolvendo o fenómeno do eclipse anular. Cerca de 12 inquiridos (46%) deixaram esta questão por responder, sendo este valor o mais elevado de todo o teste. Apesar disto, registamos 10 respostas (38%) correctas,

associando o eclipse anular ao apogeu, ou seja, ao ponto da órbita da Lua onde esta se encontra mais afastada do nosso planeta. As restantes 4 respostas, incorrectas, foram igualmente distribuídas pelas opções perigeu e periélio. A análise destes resultados permite concluir que cerca de metade dos inquiridos não é conhecedor da razão da ocorrência deste género de eclipses, sendo notória também uma certa confusão ao nível da identificação e distinção dos pontos especiais da órbita da Lua, o perigeu e o apogeu. Os resultados obtidos são ilustrados no quadro seguinte.

17. Ocorre um eclipse anular do Sol quando a Lua se encontra em que ponto da sua órbita?	N.º	%
Periélio	2	8%
Perigeu	2	8%
Apogeu	10	38%
Não respondeu	12	46%

Tabela 3.42: Tratamento estatístico da questão 17 da 3.ª parte

18. Quando a Linha dos Nodos intercepta o Sol que fenómeno pode ocorrer?	N.º	%
Eclipse do Sol	3	12%
Eclipse da Lua	0	0%
Ambos	12	46%
Não respondeu	11	42%

Tabela 3.43: Tratamento estatístico da questão 18 da 3.ª parte

Ainda a propósito do estudo dos eclipses, na antepenúltima questão é pedido que seja indicado qual o fenómeno que ocorre quando a Linha dos Nodos intercepta o Sol. O maior número de respostas, cerca de 12 (46%), foi no sentido de considerar que tanto podem ocorrer eclipses solares, como lunares, ou seja, a hipótese correcta. Contudo, à semelhança da generalidade das questões de nível de dificuldade alto, também neste caso o número de respostas incorrectas e por dar foi elevado, conforme se pode observar na tabela 3.43. Este é mais um bom exemplo de uma situação que se compreende sem dificuldades de maior recorrendo a um esquema ou modelo.

A questão 19 é a única que apresenta grau de dificuldade muito elevado. Vimos anteriormente que a força de maré é um efeito secundário da força gravitacional exercida pela Lua sobre o nosso planeta, tendo um valor inferior a esta em qualquer ponto da Terra. Neste contexto,

verificamos que apenas 7 das respostas dadas (27%) são correctas indo ao encontro desta ideia. Ao invés, 10 dos inquiridos (38%) consideraram-nas equivalentes e 2 (8%) acharam mesmo que a força de maré apresenta maior intensidade que a força gravitacional. Cerca de 7 elementos (27%) não responderam sequer à pergunta. Estes dados traduzem que a maior parte destes docentes não sabe a origem da força de maré ou, inclusivamente, desconhece a sua existência.

19. Qual destas forças, exercidas pela Lua sobre um dado ponto da Terra, tem maior intensidade?	N.º	%
Força gravitacional	7	27%
Força de maré	2	8%
São equivalentes	10	38%
Não respondeu	7	27%

Tabela 3.44: Tratamento estatístico da questão 19 da 3.ª parte

Finalmente, na última questão deve-se ter em conta a variação da aceleração da gravidade com a latitude. Assim, embora tenha sido classificada como uma pergunta de grau de dificuldade muito baixo, verificamos que apenas 18 inquiridos (69%) responderam correctamente, considerando que nos pólos a aceleração da gravidade tem um valor superior em virtude da distância ao centro da Terra ser inferior à dos outros locais mencionados, sendo um resultado a merecer reflexão.

20. Indique o lugar onde é maior o valor da aceleração da gravidade.	N.º	%
Pólos	18	69%
Nível médio do mar	1	4%
Equador	4	15%
Não respondeu	3	12%

Tabela 3.45: Tratamento estatístico da questão 20 da 3.ª parte

3.4. Avaliação Global de Resultados

Uma vez discutidos os resultados de cada uma das perguntas apresentadas no questionário, interessa-nos agora fazer uma avaliação mais geral dos dados obtidos, de forma a ser possível definir algumas estratégias de actuação tendo em conta as fragilidades detectadas.

Unidade	Questão	Grau de Dificuldade Previsto	% Respostas Certas
Universo	1	Intermédio	42%
	2	Baixo	96%
	3	Intermédio	69%
	4	Intermédio	54%
	5	Baixo	58%
	6	Intermédio	46%
Sistema Solar	7	Baixo	73%
	8	Intermédio	65%
	9	Intermédio	46%
	10	Baixo	85%
	11	Baixo	69%
	12	Intermédio	69%
Planeta Terra	13	Alto	54%
	14	Alto	65%
	15	Alto	19%
	16	Alto	42%
	17	Intermédio	38%
	18	Alto	46%
	19	Muito Alto	27%
	20	Muito Baixo	69%
Global			56%

Tabela 3.46: Sucesso das questões científicas em função do grau de dificuldade previsto

Assim, ainda no âmbito do teste científico, comparando a percentagem de respostas certas com o nível de dificuldade atribuído inicialmente a cada uma das questões propostas, verificamos que as nossas previsões não andaram distantes dos resultados reais. De facto, com um maior número de acertos (> 65%), encontram-se as questões 2, 3, 7, 10, 11, 12 e 20, cujo grau de dificuldade previsto foi, de um modo geral, acessível. Por outro lado, envolvendo um menor número de respostas correctas (< 45%), temos a considerar as perguntas 1, 15, 16, 17 e 19, que já haviam

sido classificadas antes, de uma forma geral, com um nível de dificuldade mais elevado. Os resultados globais obtidos nas diferentes questões encontram-se então expressos na tabela 3.46 e no gráfico 3.1.

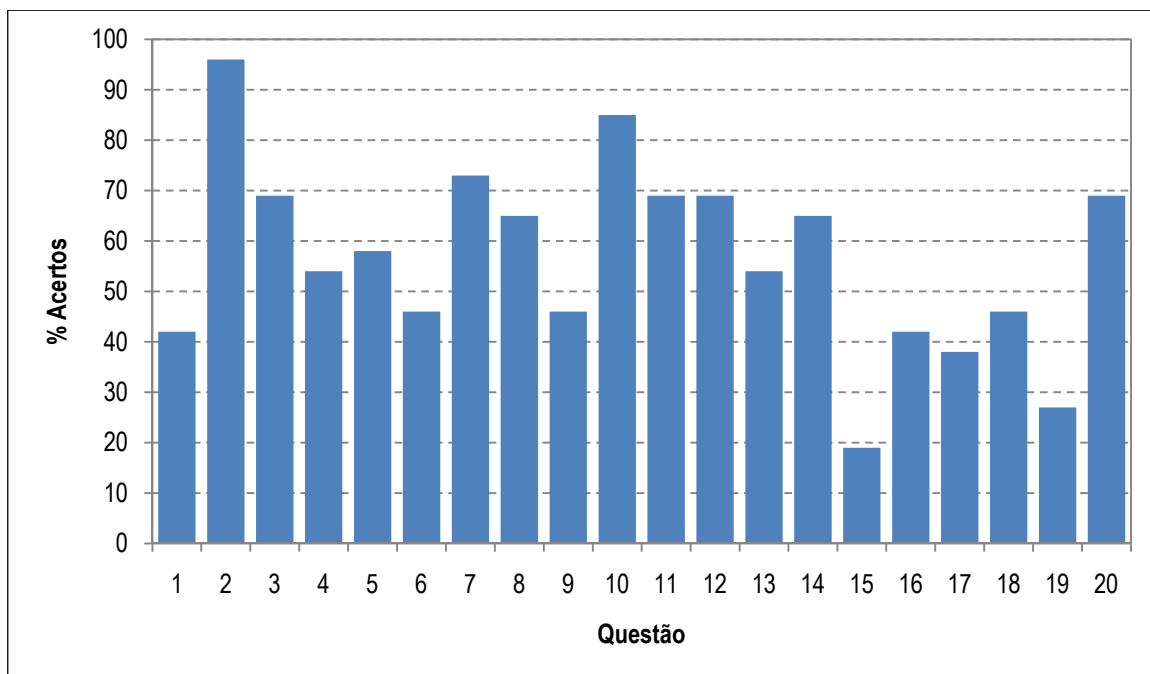


Gráfico 3.1: Taxa de sucesso em função da questão

Nível Qualitativo	N.º de Resultados	%	Notas Quantitativas
Muito Bom (17-20)	0	0%	–
Bom (14-17)	12	46%	17, 16 (2), 15 (6), 14 (3)
Suficiente (10-13)	4	15%	13, 12, 11 (2)
Insuficiente (7-9)	5	19%	9 (2), 8 (2), 7
Muito Insuficiente (0-6)	5	19%	6 (2), 4, 3, 1

Tabela 3.47: Avaliação qualitativa e quantitativa do teste científico

É ainda interessante determinar o número de respostas certas por inquirido, classificando os questionários quantitativa e qualitativamente, tendo por base a escala de 0 a 20 valores. Verificamos que, dos 26 testes em causa, os resultados mais elevados foram um 17 e dois 16, tendo sido atribuído o nível Bom a 46% dos casos. Ao invés, registaram-se 38% de resultados negativos, havendo a referir alguns com valores muito baixos, como se pode comprovar através dos

dados da tabela seguinte. A leitura destes números transmite a ideia de que uma parte dos inquiridos apresenta uma certa segurança de conhecimentos enquanto, pelo contrário, um outro grupo denota dificuldades importantes, inclusivamente ao nível do domínio de questões elementares tratadas directamente na disciplina.

Optámos também por efectuar a distribuição da informação anterior por concelho, de modo a não associar os resultados directamente às escolas e, deste modo, salvaguardar o anonimato de todos os elementos envolvidos. Desta análise, constata-se que a média de resultados mais elevada (13,8) foi obtida nas escolas do concelho de Anadia, enquanto a mais baixa no concelho de Oliveira do Bairro. Não ficou provada a existência de uma relação de sucesso entre a proximidade das escolas a centros de conhecimento, como universidades ou centros de formação.

Concelho	N.º de Testes	Notas Quantitativas	Média
Anadia	6	16, 15 (3), 14, 8	13,8
Aveiro	12	16, 15 (2), 14 (2), 12, 11 (2), 9, 8, 7, 4	11,3
Oliveira do Bairro	2	9, 1	5,0
Ílhavo	6	17, 15, 13, 6 (2), 3	10,0

Tabela 3.48: Distribuição dos resultados quantitativos do teste por concelho

A percentagem de respostas correctas nos 26 testes científicos vistos foi de, sensivelmente, 56%, o que associado às conclusões retiradas da análise específica efectuada a cada uma das questões propostas, bem como aos testes na sua globalidade, permite concluir a necessidade de elaborar uma série de linhas de actuação relativamente as limitações detectadas. Assim, fazendo então uma síntese global do tratamento de dados realizado podemos afirmar que:

- Embora muitos dos inquiridos tenham feito a profissionalização na formação inicial, existe um número importante de docentes provenientes de cursos não específicos de ensino que profissionalizaram em serviço;
- A maior parte destes elementos são efectivos nos estabelecimentos de ensino onde leccionam, possuindo uma experiência profissional relevante no 3.º CEB e, inclusivamente, ao nível do 7.º ano de CFQ;
- A maioria referiu não ter qualquer formação específica em Astronomia, assumindo não estar preparada conveniente para abordar o tema;

- O manual escolar ocupa um papel de relevo na preparação das aulas destes professores, não apenas a nível didáctico como também científico;
- Os recursos pedagógicos mais utilizados são os tradicionais, de cariz expositivo e mais centrados no professor, havendo maior relutância relativamente às aulas de natureza experimental e à utilização de modelos interactivos;
- Uma clara maioria dos inquiridos referiu não possuir experiência na utilização de software de Astronomia, embora esteja consciente das potencialidades das TIC no ensino da área;
- Foram detectadas lacunas de natureza científica nas questões relacionadas com as três unidades do tema, sendo mais evidentes na unidade *Planeta Terra* e quando a abordagem obriga a um raciocínio abstracto e a um conhecimento mais específico dos assuntos;
- Ainda em termos de preparação científica, constatámos que a amostra possui dois grupos importantes. Por um lado, um deles revelou um bom domínio do programa e de assuntos afins a este, enquanto o outro denotou bastante insegurança ao apresentar as respostas.

De facto, comprovámos que um número razoável de docentes apresenta dificuldades no tratamento de alguns assuntos de astronomia associados à matéria leccionada. Como vimos, sendo os manuais escolares um recurso importante também para o professor, importa agora verificar em que medida eles representam efectivamente uma mais-valia, não apenas a nível didáctico-pedagógico, mas também científico.

3.5. Análise da Abordagem nos Manuais

Partindo das necessidades identificadas no questionário e das orientações curriculares elaboradas pelo ministério para a disciplina, fizemos um confronto com o modo como é feita a abordagem, aos diferentes assuntos do tema, num conjunto de manuais do 7.º ano de CFQ que foram adoptados na maior parte das escolas. De modo a mantermos sigilo relativamente a cada um dos manuais em causa, vamos optar apenas por divulgar os resultados globais da análise.

Assim, em geral, a informação presente tanto nos manuais como no restante material pedagógico fornecido ao professor é cientificamente correcta, até porque é habitual haverem revisões científicas. Contudo, sendo um assunto introdutório, é muito geral e nem sempre vem acompanhado das devidas referências que permitam uma exploração posterior, quer sejam bibliográficas, hiperligações da Internet, ou mesmo documentários. Deste modo, o docente é

confrontado frequentemente com a necessidade de ter que efectuar este trabalho exploratório por conta própria, o que pode inibi-lo de o efectuar em profundidade e com o devido paralelismo pedagógico.

O modo como é apresentada a informação é outro aspecto pertinente. Frequentemente as editoras optam por lançar livros visualmente apelativos ao primeiro contacto, mas que ao serem analisados mais em detalhe se revelam uma desilusão pois a informação surge de uma forma dispersa e nem sempre com sequência lógica, complicando a tarefa dos alunos, mas também dos professores no momento de preparar as aulas, uma vez que é mais complicado contextualizar os diferentes assuntos e estabelecer um fio condutor. Esta é a realidade de muitos manuais.

No âmbito das orientações curriculares do 3.º CEB, é referido que “a interacção Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos”. No entanto, são poucos os manuais que exploram convenientemente a componente CTSA, tendo em conta a diversidade de factos que podem ser usados como motivadores, uma vez que vivemos numa era em que a ciência e técnica registam progressos nesta área praticamente diários.

As orientações curriculares são também claras em relação à importância da utilização de simulações interactivas. Assim, é dito que “para estudar a Terra e o Sistema Solar, o recurso à simulação com material experimental e com programas de computador é uma sugestão que se apresenta para explorar os movimentos da Terra de modo a explicar a sucessão dos dias e das noites, as estações do ano, as fases da Lua e os eclipses da Lua e do Sol”. Acrescenta-se ainda referindo que “outras simulações possibilitam visualizar o movimento simultâneo dos planetas e satélites, o que é fundamental para os alunos o descreverem”. Contudo, o que se verifica é que, embora sejam propostas actividades utilizando modelos físicos, o uso de simulações em software praticamente não é referido nos vários manuais consultados, tirando uma honrosa excepção, onde é feita uma referência muito breve relativamente a um planetário virtual, o que é uma situação incompreensível. Naturalmente que este cenário acaba por potenciar ainda mais o afastamento dos docentes em relação ao uso destes recursos valiosos, comprometendo inclusivamente uma correcta compreensão de alguns fenómenos, casos dos anteriormente citados e como foi possível constatar através dos resultados do teste científico.

Finalmente, outro ponto que é descorado pelos docentes, mas cuja ênfase dada nos manuais também é pouco relevante, prende-se com a observação astronómica, nem que seja o simples conhecimento do céu nocturno à vista desarmada. De facto, na unidade *Universo*, a

descrição que é feita da esfera celeste na generalidade dos manuais é demasiado superficial, sendo feita pouca divulgação em relação à observação directa que, como já foi sobejamente referido, pode ser feita livremente, ou então usando equipamento simples, como uns binóculos.

Tendo em atenção tudo o que foi discutido até ao momento, nos capítulos seguintes será feito um tratamento individual das unidades didácticas do tema, sendo abordados os aspectos teóricos mais pertinentes e sugeridas estratégias de actuação através de algumas actividades práticas, visando assim uma melhor preparação dos assuntos em causa. Será dado ainda um destaque especial, sempre que possível, à utilização de modelos interactivos, sobretudo computacionais, devido às vantagens inerentes à sua utilização e ao facto de ainda estarem pouco divulgados, conforme já foi mencionado.

4. Recursos da Unidade *Universo*

4.1. Aspectos Gerais

Em termos globais, na unidade didáctica *Universo*, é pretendido que os alunos, de modo adequado à sua idade e nível de escolaridade, sejam capazes de:

- Explicar a origem, evolução e constituição do Universo;
- Identificar as principais estrelas e constelações;
- Conhecer as fases da vida dos diferentes tipos de estrelas;
- Efectuar cálculos com as unidades de medida utilizadas em Astronomia;
- Utilizar coordenadas celestes (horizontais) na localização dos astros.

Neste contexto, o docente deve sentir-se confortável aquando da abordagem a estes assuntos. No teste científico que realizamos anteriormente, verificámos que os resultados nesta parte da matéria, dados pelas questões 1 a 6, foram animadores. Contudo, uma vez que se verificaram ainda alguns erros dignos de registo, resolvemos debater nas páginas seguintes estes assuntos com maior profundidade do que aquela que se encontra presente nos manuais deste ano de escolaridade. Assim, estaremos também a dar alguma contribuição com vista à criação de materiais de apoio que auxiliem os professores envolvidos no ensino desta matéria, que foi um dos objectivos a que nos propusemos inicialmente.

Um bom ponto de partida para este tema pode ser através da observação do céu nocturno limpo. Isto pode-nos transmitir uma ideia da imensidão do espaço pois a quantidade de estrelas parece-nos infinita. Porém, só podemos ver aproximadamente três mil estrelas a olho nu. Somente com os telescópios mais potentes se torna quase verdadeiro o aparente infinito, conseguindo-se reconhecer milhares de galáxias e aglomerados de milhões de estrelas. Segundo as estimativas há 100 mil milhões de galáxias. Cada uma delas, por seu turno, contém cerca de 100 mil milhões de estrelas. É óbvio que ninguém consegue dizer com exactidão que tamanho tem o espaço no qual se encontram todos estes corpos celestes. Atendendo a estas dimensões enormes são necessárias unidades especiais para medir as distâncias. É usual a designação ano-luz, isto é, a distância que a luz percorre num ano. Com as indicações de distâncias usuais na Terra não iríamos longe. De facto,

um ano-luz corresponde a um trajecto de 9,461 biliões de quilómetros. Mais à frente trataremos deste assunto com outro pormenor.

As estimativas em relação ao início do Universo situam-se, aproximadamente, em 14 mil milhões de anos, encontrando-se em expansão desde esse momento primordial. Uma prova desta teoria baseia-se no facto de que a luz que chega à Terra aproxima-se mais do vermelho, no âmbito das cores espectrais, quanto mais afastada se encontra a galáxia. Dado o vermelho corresponder à radiação com o maior comprimento de onda (o violeta, em contrapartida, tem o menor comprimento), é possível comprovar o fenómeno de fuga. Pode-se tentar perceber o processo com o recurso às ondas sonoras. Quando um comboio passa por nós, à medida que ele se distancia o som que é emitido baixa de frequência, ficando mais grave, sendo as ondas sonoras mais longas. Este fenómeno é designado de Efeito Doppler. Nas cores espectrais acontece precisamente o mesmo, verificando-se um desvio para o vermelho ou «redshift». Edwin Hubble, o astrónomo que deu o nome ao telescópio espacial com o mesmo nome, descobriu que as galáxias quanto mais distantes estão mais rapidamente se afastam umas das outras. Quando, por exemplo, segundo a Lei de Hubble, uma galáxia se encontra 10 vezes mais afastada da Terra do que a Nuvem de Magalhães, distancia-se de nós também com uma velocidade cujo valor é 10 vezes superior.

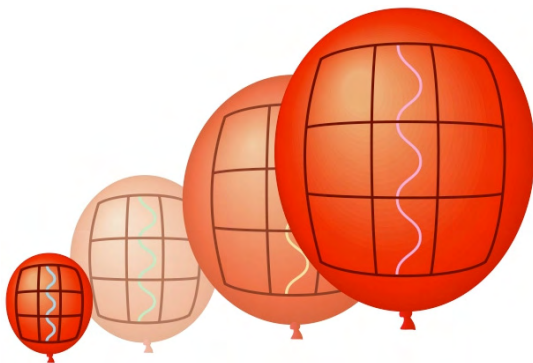


Figura 4.1: Analogia da expansão do Universo

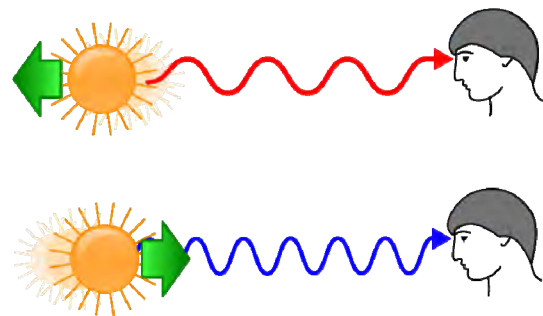


Figura 4.2: Desvio da luz para o vermelho

Uma analogia simples que permite explicar às crianças deste nível de escolaridade o fenómeno da expansão do Universo consiste em recorrer a balões vazios, nos quais se marcam diversas pintas ao longo da sua superfície, ou outro tipo de padrão. Depois, à medida que se sopra para dentro dos balões e estes enchem, as pintas, que representam galáxias, vão-se afastando cada vez mais umas das outras. E quanto mais afastadas estiverem as «galáxias», mais rápido será o seu afastamento e a radiação visível que chega até nós vai desviar-se mais para o vermelho (maior comprimento de onda), conforme é possível constatar através das figuras 4.1 e 4.2.

As galáxias compõem-se, tal como foi descrito, de biliões de estrelas, assim como a Via Láctea, na qual se encontra o nosso Sistema Solar. Ela faz parte, juntamente com outras galáxias vizinhas, do chamado Grupo Local. Conjuntos maiores são denominados aglomerados de galáxias. Estes, por sua vez, agrupam-se formando os chamados superaglomerados, que se estendem no espaço por milhares de milhões de anos-luz. Apesar da quase infinita quantidade de corpos celestes, o Universo é um espaço bastante solitário pois, segundo cálculos de massa, há um átomo por cada 10 metros cúbicos de espaço.

4.2. Origem do Universo

Há 13,7 mil milhões de anos, assim se supõe hoje, tudo começou com uma grande explosão, o Big Bang, ou seja, o ponto zero da contagem do tempo cósmico. Mas como se chegou a este número? A explicação foi fornecida pelo astrónomo americano Edwin Hubble que desenvolveu uma constante matemática, de acordo com a qual as galáxias se distanciam umas das outras cada vez mais rapidamente e quanto maior for a distância a separá-las, como já vimos. Segundo o cálculo, a velocidade de escape corresponde a aproximadamente 75 km/s, por cada megaparsec¹ (1 parsec = 3,26 anos-luz). Mas se agora tudo se encontra em dispersão, a matéria do espaço ter-se-á encontrado num passado muito distante concentrada num único ponto.

Assim, se invertermos o «efeito Hubble», podemos calcular com a constante de Hubble a data que pode ser considerada como o momento de nascimento do universo. É óbvio, porém, que a ciência não pode fornecer uma data exacta. De facto, predominam muitas incertezas sobre os primeiros instantes de tempo imediatamente após o Big Bang. Assim, por exemplo, não está esclarecido se terá, porventura, havido retardamento na expansão. Entretanto, é certo que toda a matéria se encontrava condensada inicialmente num espaço incrivelmente pequeno e denso, bem como extremamente quente, chamado singularidade. De facto, para além da expansão do Universo, é ainda possível constatar outras consequências do Big Bang. Trata-se de uma radiação electromagnética, da região das microondas, que preenche todo o Universo e cujo espectro é o de um corpo negro a uma temperatura de, aproximadamente, 3 K. Assim, a radiação cósmica de fundo, que já havia sido prevista em 1948 por Gamov, Alpher e Herman, foi descoberta acidentalmente em 1965 pelos americanos Penzias e Wilson com a ajuda de um radiotelescópio e, para a maior parte

¹ Iremos referir-nos ao parsec (pc) e ao seu significado aquando da abordagem acerca da medida das distâncias no Universo.

dos cosmologistas, é considerada como a melhor evidência para o modelo do Big Bang de criação do Universo. Este feito valeu-lhes o Prémio Nobel da Física em 1978.

Supõe-se que imediatamente após o Big Bang, na fase do relâmpago, ou seja, depois de pouco menos de um milionésimo de segundo, a temperatura seria ainda incrivelmente alta (muitos bilhões de graus). A partir da radiação formaram-se partículas e antipartículas como os quark e os antiquark. Os quark formaram prótons e neutrões, enquanto os antiquark deram origem a antiprótons e antineutrões, surgindo mais tarde os primeiros electrões e positrões. A expansão processou-se de forma incrivelmente rápida e, logo após um segundo, o diâmetro do Universo já deveria corresponder a 4 anos-luz. Comparado com a fase inicial, terá havido então bastante frio (10-15 mil milhões de graus). A temperatura diminuiu ainda mais, passado pouco segundos, para mil milhões de graus e a densidade corresponderia à do ferro. Ao fim de 3 minutos, a partir de prótons e neutrões, formaram-se os primeiros núcleos de hélio. O Big Bang terminaria ao fim de 100 mil anos, estando o raio de expansão agora a sete milhões de anos-luz. A partir de então formou-se a matéria e o tempo do Universo em termos de radiação chega ao fim.

Note-se que optámos por não efectuar uma descrição demasiado exaustiva do Big Bang pois isso sairia fora do âmbito daquilo que é exigido ao professor na leccionação deste ano da disciplina. É importante acrescentar que essa abordagem ficaria mais adequada na preparação da unidade *Das Estrelas ao Átomo*, tratada na parte de Química do 10.º ano de escolaridade.

4.3. Galáxias

As galáxias são sistemas imensos e distantes formados por gás e poeiras interestelares, assim como por milhares de milhões de estrelas. Existem milhares de milhões de galáxias, numa variedade quase ilimitada.

Existem galáxias de formas muito diversas, desde espirais esferoidais até elipsoidais e mesmo amorfas, ou seja, aquelas que seguem uma morfologia pouco frequente. De facto, a forma constitui um critério de classificação que permite compreender a estrutura das galáxias e a sua evolução. O esquema mais utilizado hoje em dia para classificar as galáxias teve a sua origem em 1926, quando Edwin Hubble organizou as galáxias em três categorias principais, ou seja, elípticas, espirais e espirais barradas. No entanto, mais tarde acrescentaram-se mais dois tipos, isto é, as irregulares e as lenticulares. De modo a explicar as diferentes formas encontradas, em tempos acreditava-se que as galáxias evoluíam de um tipo para outro. Por exemplo, uma galáxia elíptica

acabaria por se converter numa espiral de forma gradual. Contudo, hoje em dia predomina a teoria de que as galáxias mantêm a sua forma ao longo de toda a sua vida, a não ser que se produzam colisões entre elas ou outros acontecimentos catastróficos.

Relativamente às galáxias elípticas (figura 4.5), estas tendem a apresentar formas esferoidais, sendo que muitas parecem aplanadas e em forma de lente. As elípticas maiores e menos frequentes podem possuir diâmetros de 100 mil anos-luz ou mais, tendo massas correspondentes a 100 biliões de vezes a do Sol. Entre os milhares de galáxias brilhantes do firmamento, as elípticas gigantes constituem à volta de 20%. As elípticas anãs são mais frequentes, com diâmetros de apenas mil anos-luz e alguns milhões de massas solares. Acredita-se que as galáxias elípticas são formadas em regiões densas e que alcançam a sua forma final rapidamente, através de episódios violentos de formação estelar. Reluzem rapidamente e durante os 10 mil milhões de anos posteriores têm uma vida tranquila, brilhando de forma estável.



Figura 4.3: Galáxia espiral



Figura 4.4: Galáxia espiral barrada



Figura 4.5: Galáxia elíptica



Figura 4.6: Galáxia lenticular



Figura 4.7: Galáxia irregular

A maioria das galáxias brilhantes, cerca de 75%, pertence ao grupo das espirais, cujo aspecto visto de topo é dado pela figura 4.3. Possuem tamanhos entre 15 mil e 150 mil anos-luz de diâmetro e podem conter entre 10 mil milhões e 10 biliões de massas solares. Os braços espirais estendem-se a partir da região brilhante central, denominada núcleo, e curvam-se ao longo do disco. Estes braços são formados por estrelas jovens e quentes. O disco delgado destas galáxias

está salpicado de faixas escuras de poeira, nebulosas brilhantes e cúmulos estelares, ou seja, grupos de estrelas atraídos pela sua gravidade mútua. O eixo central de uma galáxia espiral recebe o nome de bolbo, uma região povoada sobretudo por estrelas velhas e vermelhas. Há espirais com bolbos muito carregados enquanto noutras eles são quase imperceptíveis. A nossa galáxia e a galáxia vizinha de Andrómeda são espirais típicas. As teorias afirmam que as galáxias espirais demoraram muito mais que as elípticas a formarem-se. A maioria surgiu de fragmentos de gás ou colapsou-se a partir de discos formados em regiões turbulentas que induziram movimentos de rotação nas galáxias embrionárias. A julgar pela diversidade de formas que apresentam, muitas parecem ter-se formado por fusões sucessivas com outras galáxias. Dentro de alguns milhares de milhões de anos prevê-se a colisão entre a nossa galáxia e Andrómeda, envolvendo mais algumas galáxias vizinhas.

Em relação às espirais barradas, elas ocorrem em muito menor número que as ditas normais. Neste género, as estrelas brilhantes e o gás quente estão organizados numa «barra» a direito que se estende por vários milhares de anos-luz para ambos os lados a partir do centro, antes de se curvarem à volta da galáxia para formar os braços em espiral. Nos casos mais evidentes os braços adoptam a forma de catana ou sabre, conforme é possível constatar através da figura 4.4.

As galáxias lenticulares têm estruturas intermédias entre as espirais e as elípticas mais achatadas. Possuem um núcleo central e apresentam a mesma forma lenticular das elípticas, mas não apresentam estrutura em espiral. Também contêm muitas estrelas velhas e pouco gás embora possam ser atravessadas por faixas escuras de poeira especialmente ao longo dos seus limites exteriores. A galáxia Sombrero (figura 4.6) é um belo exemplo de uma galáxia deste género.

Em contraste, as galáxias irregulares não apresentam uma forma definida, tal como o seu nome sugere. Parecem manchas espalhadas, embora algumas possuam barras bem marcadas, nalguns casos com padrões espirais débeis mas discerníveis. Apenas 5% das galáxias brilhantes recebe o qualificativo de irregulares, sendo que as Nuvens de Magalhães, as galáxias mais perto de nós, classificam-se como irregulares. Estas galáxias são visíveis, no hemisfério Sul, à vista desarmada em noites limpas, tendo recebido este nome em homenagem a Fernão de Magalhães, que as identificou no séc. XVI durante a sua viagem de circum-navegação.

Na sua maioria, as galáxias são entidades cósmicas exemplares que emitem apenas o tipo de radiação que seria de esperar. Mas algumas galáxias brilhantes são lugares muito mais turbulentos. Assim, as galáxias activas constituem intensas fontes de radiação electromagnética, sobretudo ondas de rádio, infravermelhos e raios X. Estas emissões provêm de uma actividade

violenta nos núcleos os quais, por vezes, ficam tão brilhantes que se assemelham a quasares. Estes corpos tratam-se de objectos muito luminosos, distantes e compactos, que geram tanta energia como muitas galáxias. Segundo algumas teorias, as galáxias activas podem ter evoluído a partir de quasares.

De um modo geral, as galáxias pertencem a conjuntos grandes de galáxias, chamados de enxames ou aglomerados (inglês, «cluster»). Estes aglomerados contêm entre algumas dúzias e muitos milhares de galáxias. Se o grupo for menor, fala-se simplesmente de um grupo de galáxias. Além disso, existe ainda o conjunto de muitos aglomerados de galáxias, os chamados superaglomerados, ou superenxames. A divisão de aglomerados de galáxias não é arbitrária, tratando-se de unidades cosmológicas que têm a mesma velocidade de escape e interagem umas com as outras devido a efeitos gravitacionais. O tamanho médio de um cluster situa-se entre 10 a 30 milhões de anos-luz.



Figura 4.8: Grupo Local

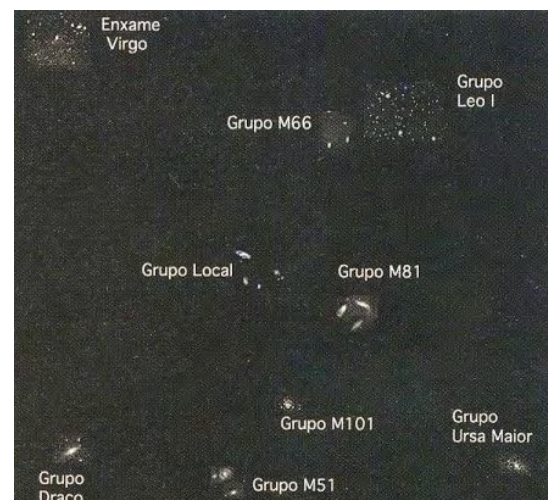


Figura 4.9: Superaglomerado da Virgem

A nossa Via Láctea pertence ao Grupo Local (figura 4.8), um conjunto de mais de 30 galáxias, que tem um diâmetro de 6 milhões de anos-luz. A maior galáxia do Grupo Local é Andrómeda, afastada de nós cerca de 2,2 milhões de anos-luz. O aglomerado de galáxias mais próximo é o da Virgem, situado a uma distância de 60 milhões de anos-luz, encontrando-se nele vários milhares de galáxias. O Grupo Local e Virgem pertencem ao mesmo superaglomerado, também chamado de Virgem (figura 4.9), com um diâmetro de 100 mil milhões de anos-luz. Segundo cálculos efectuados existe um superaglomerado com um comprimento de mais de mil milhões de anos-luz. Por fim, os superaglomerados formam barreiras nas suas margens, apresentando estruturas hexagonais. Entre as barreiras de superaglomerados adjacentes existem

espaços de dimensões gigantescas, falando-se duma extensão de trezentos bilhões de anos-luz, que não contém estrelas.

4.4. Via Láctea

Segundo a mitologia grega, o leite materno da deusa Hera, que durante a amamentação de Hércules foi derramado, espalhou-se sobre todo o firmamento, surgindo assim o nome Via Láctea. Esta franja esbranquiçada, que atravessa o céu de uma ponta à outra, também é conhecida popularmente com o nome de «Estrada de Santiago», tendo dado origem ao longo da história a muitas interpretações sobrenaturais.

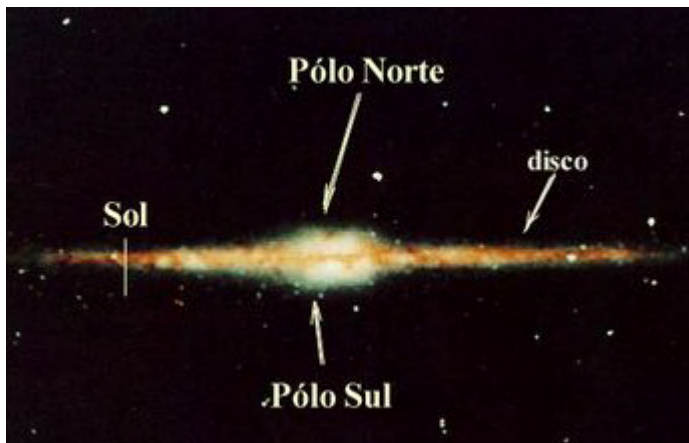


Figura 4.10: Aspecto da Via Láctea de perfil

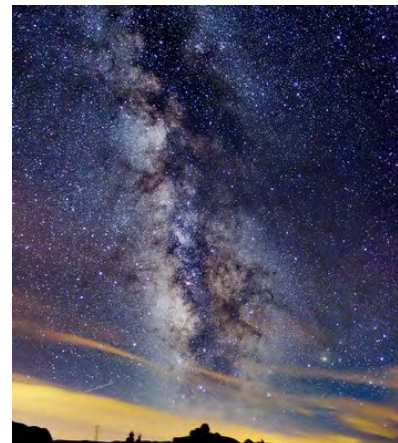


Figura 4.11: «Estrada de Santiago»

A nossa galáxia pertence às que possuem forma em espiral. Observada de cima, tem a forma de uma roda de fogo, parecida com a da figura 4.3. Vista de lado, corresponde a um disco com um núcleo esférico no meio (figura 4.10). A extensão da Via Láctea corresponde a 100 mil anos-luz. Nas margens (braços espirais) é de 3 mil e no meio é superior a 15 mil anos-luz. A região próxima do núcleo da galáxia é muito difícil de ser observada pois, mesmo com telescópios potentes, não se consegue ultrapassar a nebulosa escura interestelar. Por isso, torna-se difícil proceder a uma pesquisa, embora não se possa considerá-la, desde já, impossível de vir a ser concretizada uma vez que existem telescópios que trabalham noutras regiões do espectro para além da visível. No âmbito da radioastronomia é até bastante possível proceder-se a medições. O diâmetro do núcleo corresponde a 3250 anos-luz, compondo-se principalmente de enormes estrelas vermelhas. No meio do núcleo foi identificado um ponto como sendo a fonte da mais intensa radiação rádio, denominado posteriormente por Sagitário A. Existem fortes evidências que se trate

de um buraco negro supermassivo, com 3,7 milhões de vezes a massa solar, num raio de 45 unidades astronómicas¹, situando-se a 27 mil anos-luz da Terra.

Para os seres humanos não será possível um dia avistarem de fora a Via Láctea. Por várias razões somos, todavia, levados a concluir que ela tem uma aparência em forma de espiral, pois podemos comparar a disposição das estrelas no céu na região mais densa com o aspecto das outras galáxias em forma de espiral, o que acaba por nos transmitir uma noção da nossa.

A Via Láctea não é uma formação estática, uma vez que gira em torno de um ponto central localizado no núcleo. Como vimos, é uma galáxia espiral, julgando-se actualmente existirem dois grandes braços, cujos nomes são Escudo-Centauro e Perseu, onde são maiores as densidades de estrelas jovens e brilhantes, bem como de mais velhas, as chamadas gigantes vermelhas. O nosso Sistema Solar encontra-se na margem de um braço menor ou ramificação, chamado de Oriente, situado entre os dois referidos anteriormente. Assim, tal como a Terra gira em torno do Sol, todo o Sistema Solar gira em torno do centro da Via Láctea, juntamente com todas as outras estrelas. Assim, o Sol e todo o nosso sistema planetário move-se a velocidades muito elevadas, que chegam a atingir valores na ordem de 220 km/s, porém para descrever uma órbita a nossa estrela precisa de mais de 200 milhões de anos. Deste modo, desde o surgimento do Sistema Solar, há mais de 4,5 mil milhões de anos, não foram completadas sequer duas dúzias de voltas.

4.5. Evolução Estelar

De um modo geral, é feita referência nos manuais às diferentes etapas da vida das estrelas. Contudo, tal como sucede no caso da formação e constituição do Universo, também neste caso a abordagem é feita de uma forma muito simplificada, de modo a atender à faixa etária do público-alvo, recorrendo com frequência a ilustrações e esquemas apelativos. No entanto, por se tratar de um assunto que se torna complexo quando aprofundado, decidimos dedicar as linhas seguintes a alguns aspectos do ciclo de vida das estrelas que nos parecem relevantes de serem compreendidos pelo professor, antes de lhe fazer referência nas suas aulas. Assim, prosseguimos a nossa «viagem» de reconhecimento do Universo que começou no (quase) infinitamente grande das galáxias, abordando agora os «sóis». De facto, em comparação com a mudança contínua que apreciamos no nosso mundo, as estrelas do céu podem parecer-nos modelos de estabilidade e

¹ A unidade astronómica (UA) corresponde à distância média da Terra ao Sol, como veremos mais à frente.

permanência. Mas, na realidade, as estrelas vivem durante intervalos temporais definidos, ao longo dos quais evoluem de maneira lenta mas segura, desde o nascimento até à morte.

As estrelas são esferas enormes de hidrogénio e hélio, com pequenas quantidades de outros elementos. No centro ocorrem reacções de fusão nuclear que geram quantidades imensas de energia de diversas formas entre elas luz e calor. As diferenças que apresentam as estrelas quanto à luminosidade, temperatura superficial e massa, faz com que não haja duas iguais.

Imaginemos uma nebulosa, ou seja, uma nuvem densa de poeiras, hidrogénio e plasma à deriva no espaço, muitas vezes referida como um «berçário de estrelas». Esta nuvem molecular gigante pode sofrer perturbações devido a ondas de choque induzidas por uma supernova (gigantesca explosão estelar) que se encontre perto ou às irregularidades gravitacionais da galáxia. Então, começam a verificar-se mudanças, isto é, a nuvem torna-se mais densa em certos lugares e estas regiões começam a fragmentar-se e a colapsar, devido à acção da sua própria gravidade. À medida que estes fragmentos colapsam, cada um deles desenvolve um núcleo quente conhecido como protoestrela. Quanto mais se contrai a protoestrela, mais quente se torna, até que o seu centro alcança a temperatura suficiente para desencadear reacções de fusão nuclear. A partir deste momento, a pressão da radiação detém o colapso e começa a vida do astro.

A medida da cor da luz das estrelas permite deduzir as suas temperaturas superficiais, costumando usar-se o espectroscópio para decompor a luz estelar no seu espectro de cores. Existe uma relação estreita entre a cor, a temperatura e a luminosidade (magnitude absoluta) de uma estrela. Esta relação está patente na representação da temperatura face à luminosidade, no diagrama de Hertzsprung-Russell¹, o mais famoso da Astronomia, que mostra um quadro das estrelas em plena evolução.

As estrelas ocupam posições definidas no diagrama H-R (figura 4.12). A mais chamativa é uma banda algo curva que vai desde as estrelas quentes e extremamente luminosas do canto superior esquerdo, até às estrelas frias, no canto inferior direito. Esta banda chama-se sequência principal, contém 90% de todas as estrelas conhecidas e corresponde aos estados em que permanecem as estrelas durante a maior parte das suas vidas. As estrelas gigantes e supergigantes (luminosas, mas frias), ocupam o quadrante superior direito do diagrama, enquanto que as anãs brancas, muito quentes mas débeis, espalham-se pelo canto inferior esquerdo.

As estrelas são classificadas em 7 tipos espectrais principais que, por ordem de temperatura superficial decrescente, denominam-se: O, B, A, F, G, K e M. As estrelas O são

¹ O diagrama H-R deve o seu nome a dois astrónomos, o dinamarquês Ejnar Hertzsprung e o norte-americano Henry Norris Russell, que descobriram a relação temperatura/luminosidade de forma independente, no princípio do século XX.

azuladas e as suas temperaturas superficiais rondam 30 000 K, enquanto que as estrelas M são vermelhas e possuem as temperaturas mais baixas, à volta de 3 500 K. Cada tipo espectral divide-se em 10 subtipos, numerados de 0 a 9. O Sol, que é uma estrela do tipo G2, pertence à sequência principal, estando localizada no centro do diagrama e deve classificar-se como uma anã amarela.

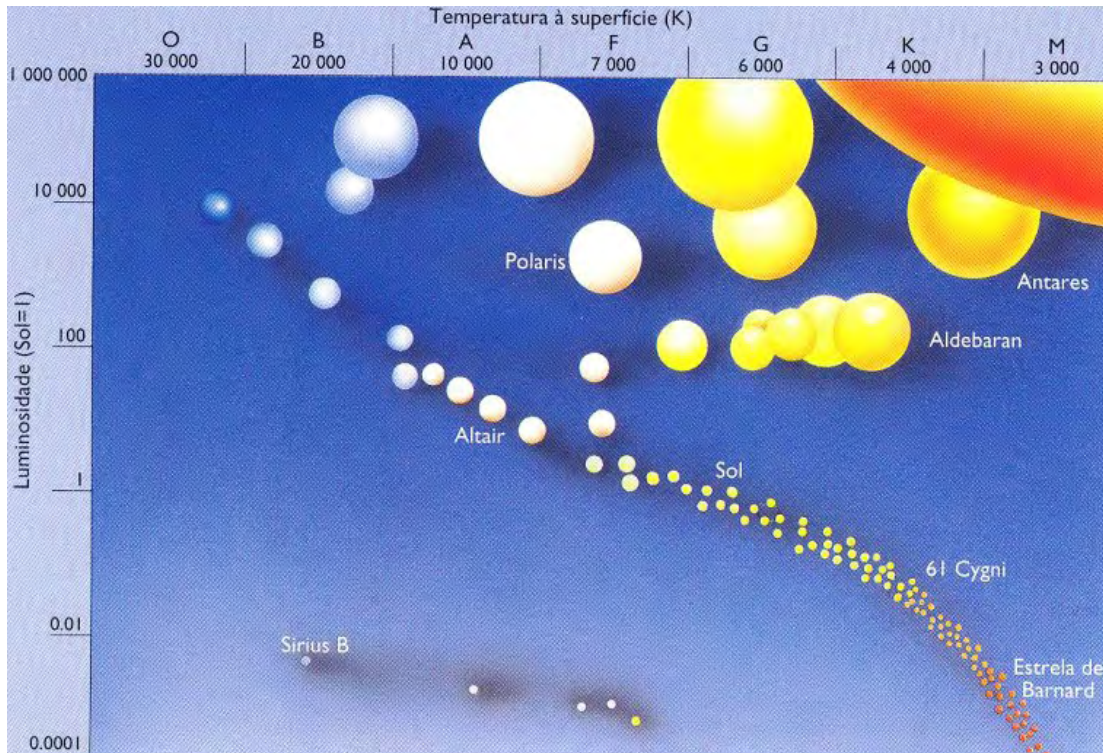


Figura 4.12: Diagrama de Hertzsprung-Russell

O nascimento e a duração de vida de uma estrela dependem sobretudo da sua massa. As estrelas massivas levam uma vida frenética. Formam-se com rapidez (na ordem de milhares de anos, em comparação com as dezenas de milhões de anos necessárias para a formação do Sol) e vivem pouco tempo. Uma estrela de 8 massas solares brilhará apenas durante 40 milhões de anos, enquanto o Sol pode viver entre 10 mil a 11 mil milhões de anos. A massa determina também as causas de morte. Assim, as estrelas massivas morrem como supernovas em explosões gigantescas depois de esgotarem o combustível nuclear, enquanto as estrelas pequenas como o Sol morrem de maneira mais tranquila, como veremos de seguida.

A nossa estrela, o Sol ingressou na sequência principal há 4,5 mil milhões de anos e brilha de modo estável desde então, fundindo no seu interior átomos de hidrogénio em hélio. A luminosidade do Sol aumentará durante os próximos mil ou 2 mil milhões de anos à medida que se for acumulando hélio no seu centro, resultante do processo de libertação de energia. Confirmando-

se este cenário, a Terra será afectada de uma forma dramática porque o aumento da radiação solar induzirá um enorme efeito de estufa, semelhante ao de Vénus, com a consequente evaporação dos oceanos e o aumento da nebulosidade, destruindo os ecossistemas e comprometendo a existência de vida.

Assim, o invólucro externo do Sol aumentará à medida que crescer a temperatura no seu interior. Este processo implicará o esfriamento da superfície estelar, que se tornará mais avermelhada. De facto, dentro de uns 6,5 mil milhões de anos o Sol ter-se-á convertido numa gigante vermelha. Tendo alcançado esta fase, as camadas externas continuam a sua expansão, mas o hélio começa a fundir-se em carbono e o núcleo contrai-se pois este elemento é mais denso e não é sustentado pela radiação libertada. Este processo pode levar aproximadamente mil milhões de anos. Contudo, as reacções de queima de hélio são sensíveis à variação de temperatura o que origina instabilidade, levando a que as camadas exteriores sejam ejectadas como uma nebulosa planetária. No centro da nebulosa restará uma anã branca, um núcleo muito quente e denso, aproximadamente com 0,6 massas solares e apenas com o volume da Terra. O material libertado pelo Sol será espalhado pelo espaço onde se reciclará para formar outra geração de estrelas, milhões de anos mais tarde, enquanto a anã branca irá arrefecer progressivamente.

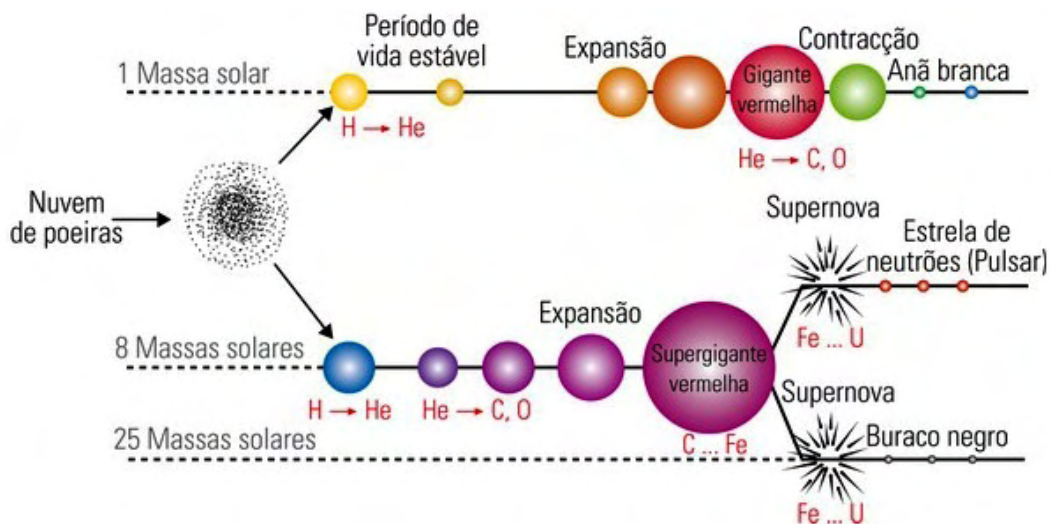


Figura 4.13: Esquema de evolução das estrelas

Contudo, as estrelas muito mais massivas do que o Sol irão terminar o seu ciclo de vida de forma diferente (figura 4.13), dando origem a uma supernova que é dos acontecimentos mais violentos do Universo. Trata-se de uma explosão que pode brilhar tanto como centenas de milhares de milhões de estrelas. As suas bolas de fogo em expansão distribuem no espaço elementos

pesados, cujo número atómico pode até ao urânio. Encontra-se aqui a explicação para a origem destes elementos, pois eles para serem obtidos por fusão necessitam de meios com temperaturas extremamente elevadas e que só podem ser atingidas durante as supernovas.

Para explodir como supernova, uma estrela começa provavelmente com uma massa de pelo menos 8 vezes a do Sol. Evolui para uma supergigante vermelha, produzindo elementos por reacções de fusão nuclear que podem ser tão pesados como o ferro, ao mesmo tempo que vai perdendo parte da sua camada exterior. A não ser que a estrela perca uma boa parte da sua massa desta forma, ela acaba por colapsar devido à sua própria gravidade e acaba por explodir.

As supernovas são explosões tão colossais que custa a crer que possam deixar atrás de si algo mais do que gás em expansão. Contudo, em alguns casos, sobrevive o núcleo consumido da estrela que explodiu, ainda que seja tão massivo (mais de 1,4 vezes a massa do Sol) que acaba por colapsar em forma de estrela de neutrões. Os átomos deixam de ter nuvens electrónicas pois os electrões são empurrados para o núcleo e obrigados a interagir com os protões, formando neutrões. Só nesta situação se atinge um novo equilíbrio pois dois neutrões não podem ocupar o mesmo espaço. Este tipo de objectos passa a ter então um diâmetro de sensivelmente 20 km, sendo tão compacto e denso que, uma colher de chá desta matéria, tão estranha ao senso comum, terá uma massa de 100 milhões de toneladas. As estrelas de neutrões giram com rapidez e emitem ondas de rádio. Quando estas ondas atingem a Terra são detectadas como pulsos cíclicos semelhantes aos feixes emitidos, por exemplo, por um farol. Este tipo de objecto é assim conhecido como pulsar.

Por outro lado, se a massa do núcleo estelar ultrapassar 3 ou 4 vezes a do Sol, colapsa na forma de buraco negro, um objecto tão denso que nem a luz consegue escapar à sua gravidade. Em Astronomia, para vermos buracos negros temos de estudar as estrelas que os acompanham. Se o buraco negro se encontra perto de uma estrela normal, então absorve o gás dela, o qual forma um disco de acreção¹ à volta do buraco negro. Este processo gera raios X que podem detectar-se. Para além disso, a estrela normal segue uma órbita à volta do centro de gravidade do sistema que forma com o buraco negro e este movimento permite determinar a massa conjunta de ambos os corpos, outra pista sobre a existência do buraco negro. Por curiosidade, o primeiro candidato a buraco negro identificado foi Cygnus X-1, uma fonte muito intensa de raios X descoberta em 1964. Este objecto faz parte de um sistema binário contendo uma estrela visível com 20 massas solares. Através da medida dos elementos orbitais do sistema foi possível estabelecer que a massa do

¹ Acreção é a acumulação de matéria à superfície de um astro proveniente do meio circundante.

objecto compacto teria entre 7 e 13 vezes a massa do Sol. Como a massa máxima que uma estrela de neutrões pode ter é de 3 massas solares, deduziu-se que o objecto seria um buraco negro.

4.6. Escalas de Distância

Embora o quilómetro seja uma unidade de distância coerente na Terra, quando nos referimos aos objectos celestes estamos a lidar com números realmente tão astronómicos que esta unidade de medida deixa de fazer sentido. Por exemplo, a galáxia de Andrómeda, a grande galáxia mais próxima da Via Láctea, está aproximadamente a 21 triliões de quilómetros, logo este género de distâncias tem que ser expresso usando unidades mais apropriadas à sua escala de magnitude.

Assim, no caso do nosso Sistema Solar, a referência mais útil é a unidade astronómica (UA), que corresponde à distância média entre a Terra e o Sol, aproximadamente 150 milhões de quilómetros. Por exemplo, Mercúrio está a 0,39 UA do Sol e Plutão a uma média de 40 UA.

Para distâncias muito mais elevadas, a unidade usada é o ano-luz (al), que se define como a distância percorrida pela luz no vazio durante um ano. A uma velocidade cujo valor seja 300 000 km/s, a luz pode dar o equivalente a sete voltas à Terra num segundo. Um ano-luz é, aproximadamente, 9,46 triliões de quilómetros.

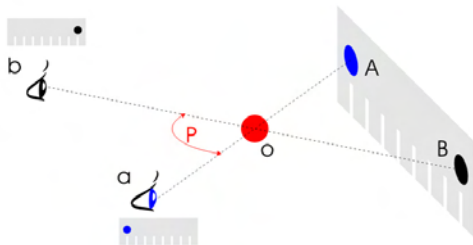


Figura 4.14: Deslocação aparente de um objecto

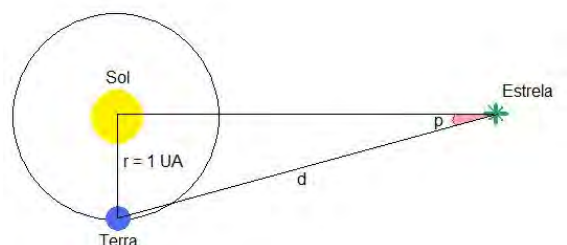


Figura 4.15: Paralaxe de uma estrela

Para este fim também se usa o parsec (pc), que é equivalente a 3,26 anos-luz, ou 206 000 UA, como unidade de distância. Um objecto que esteja a um parsec de distância terá uma paralaxe anual de um segundo de arco, ou seja, cerca de 1/1800 do diâmetro da Lua cheia. Este termo deriva então da contracção das palavras paralaxe e segundo, em inglês. O termo paralaxe refere-se à deslocação aparente de uma estrela próxima relativamente a estrelas mais distantes. Diz-se aparente porque a causa não é o movimento da estrela, mas sim o da Terra, já que observamos o céu a partir de diferentes posições da nossa órbita em redor do Sol, separadas por um intervalo de 6 meses. Com este método é possível efectuar o cálculo das distâncias das estrelas mais próximas

por triangulação. De facto, observando a figura 4.15, sabendo o ângulo da paralaxe (p) e a distância da Terra ao Sol (r), facilmente se determina a distância (d) a que se encontra a estrela em questão.

4.7. Coordenadas Celestes

Para determinar a posição dos objectos celestes no firmamento, os astrónomos criaram sistemas de coordenadas apropriados, as coordenadas celestes, assim como os geógrafos desenvolveram as coordenadas geográficas (latitude e longitude), de modo a ser possível localizar qualquer ponto situado na superfície terrestre. De seguida, falaremos aqui dos sistemas de coordenadas celestes, horizontal e equatorial. Neste contexto, fará sentido falar em esfera celeste como uma esfera imaginária, de raio muito grande e concêntrica com a Terra, onde estarão representadas projecções de todos os astros visíveis.

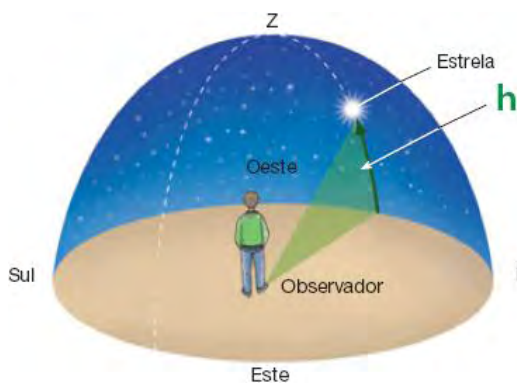


Figura 4.16: Altura de um astro

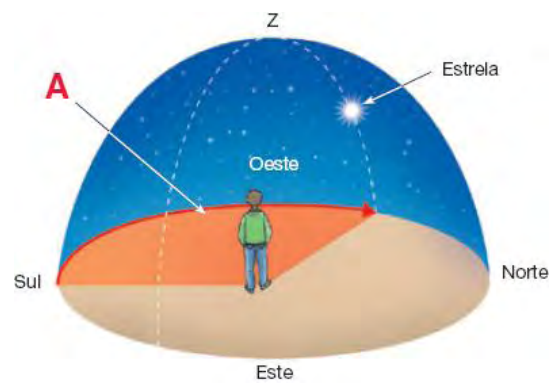


Figura 4.17: Azimute de um astro

O sistema de coordenadas horizontal (ou altazimutal) é prático e claro para explicar a posição de um objecto celeste num momento determinado. Este sistema usa-se principalmente na navegação, mas também permite a quem observa o céu especificar a posição de um corpo celeste em relação ao seu horizonte num momento dado, utilizando as coordenadas conhecidas como altura (h) e azimute (A). Naturalmente os valores das coordenadas de um astro irão variar conforme a posição do observador e a hora. A altura (também designada de elevação), conforme mostra a figura 4.16, é o ângulo sobre o horizonte do observador. O ponto directamente por cima da sua cabeça, a 90 graus, chama-se zénite (Z), enquanto o ponto inferior (oposto) no hemisfério invisível da esfera celeste é conhecido por nadir (N). O azimute (figura 4.17) é o ângulo que se mede ao longo do horizonte, no sentido dos ponteiros do relógio, desde o sul até ao ponto que está por baixo da estrela. Neste contexto, para os quatro pontos cardeais principais do observador, podemos

definir que o valor do azimute é: sul = 0° ou 360° , oeste = 90° , norte = 180° , este = 270° . Convém ainda referir que o meridiano celeste é uma grande semicircunferência imaginária que atravessa o zénite de norte a sul e divide o céu numa metade oriental e outra ocidental. Esta linha é importante porque quando um objecto a cruza isso significa que está no seu ponto mais alto. O Sol atravessa a linha do meridiano celeste diariamente por volta do meio-dia, momento em que alcança, como qualquer estrela, o seu ponto culminante.

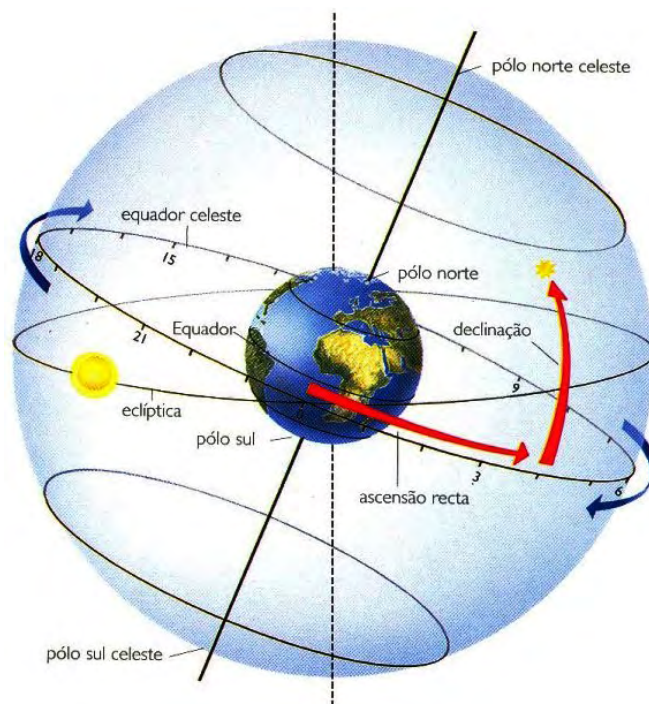


Figura 4.18: Coordenadas celestes equatoriais

Se imaginarmos que a Terra é uma bola capaz de inchar até chegar à hipotética esfera celeste e transferirmos as linhas de latitude e longitude mais importantes da sua superfície para o mapa desta esfera, estabelece-se uma correspondência entre os equadores de ambas as figuras e dos pólos celestes com os pólos rotacionais norte e sul da Terra. Assim, as linhas de latitude e longitude transformam-se em coordenadas celestes, conhecidas como declinação (δ) e ascensão recta (AR). Nestas condições, a eclíptica - trajectória aparente do Sol em redor da esfera celeste - estaria inclinada, formando um ângulo com o equador do firmamento. De facto, a declinação no céu mede-se do mesmo modo que a latitude na Terra, vindo expressa de acordo com uma escala em graus, minutos e segundos a norte e a sul do equador, neste caso do celeste. As cotas de referência são de 0° no equador até 90° nos pólos. A declinação do norte é de sinal positivo (+) e a do sul negativo (-). Por exemplo, a Estrela Polar tem uma declinação de $+89^\circ$, enquanto Rigel, em

Oriente, está a -8 graus e 15 minutos ($-8^{\circ}15'$). O equivalente celeste da longitude da Terra chama-se ascensão recta (figura 4.18) e o sistema de medida que se utiliza não se baseia em graus, como a declinação, mas em unidades de tempo, ou seja, horas, minutos e segundos (24 horas equivalem a 360 graus e, por conseguinte, uma hora abarca 15 graus de arco). No exemplo utilizado, a ascensão recta de Polaris é de 1 hora e 49 minutos (1h49m) e a de Rigel de 5 horas e 12 minutos (5h12m). A linha zero (0) da ascensão recta (projectão na esfera celeste do meridiano terrestre de Greenwich de longitude) atravessa o ponto em que o Sol cruza o equador celeste no primeiro dia de Primavera no hemisfério norte (equinócio de Março), chamado de Ponto Vernal (γ) ou Ponto Áries. As horas na ascensão recta medem-se para leste, tomando esse ponto como origem, até chegar às 23h59m59s. Um segundo mais tarde, completado o ciclo de 24 horas, encontramos-nos de novo no ponto das 0 horas.

Apesar da importância que a localização dos astros tem, verificámos que este assunto está completamente ausente de alguns manuais. Embora o estudo das coordenadas celestes equatoriais apresente um grau de complexidade que está fora do âmbito do que é exigido no 7.º ano de CFQ, as coordenadas horizontais são de compreensão mais fácil e apresentam-se como uma ferramenta útil no início do estudo da Astronomia, sendo assim do interesse do professor dominar este assunto.

4.8. Observar o Céu

Por causa da enorme distância tem-se a impressão de que todas as estrelas que observamos na esfera celeste têm o mesmo afastamento em relação à Terra. Na Antiguidade começaram a reunir-se em grupos as estrelas que eram visíveis a olho nu, depois classificadas como constelações. Deram-se-lhes nomes de heróis, deuses, animais e mesmo objectos da vida quotidiana. Já no tempo de Ptolomeu, na Grécia antiga, se conheciam 48 constelações. No século XVII somaram-se a elas outras 12 no hemisfério norte e aproximadamente 50 no hemisfério sul, existindo actualmente 88 constelações na abóbada celeste. Conhecer e identificar as principais constelações pode assumir-se como a primeira etapa a seguir no sentido de aprender a efectuar observação astronómica. O recurso a uma carta celeste, ou a software equivalente, irá ajudar a localizar no céu as posições das principais estrelas, assim como de alguns planetas visíveis à vista desarmada, tendo em conta o local e a data onde se encontra o observador. Contudo, para se começar a explorar a sério a esfera celeste é necessário, pelo menos, uns binóculos, ou então um telescópio.

Para que haja uma certa orientação no céu temos que nos socorrer, em primeiro lugar, dos pontos cardeais. Para nos ajudar à localização dos astros também se pode revelar importante a utilização de um sistema de coordenadas celestes, como vimos antes. Assim, para se achar uma determinada estrela, a melhor maneira é partir-se da direcção norte. Aqui, na direcção deste ponto cardinal, fica a Estrela Polar que é visível a olho nu e é a estrela mais importante da constelação da Ursa Menor. Para achá-la, o melhor caminho é procurar no céu as duas estrelas «Guardas» da Ursa Maior e depois prolongarmos 5 vezes no espaço a distância que as separa (figura 4.19). Na nossa latitude estas estrelas permanecem acima do horizonte durante todo o ano, sendo chamadas de circumpolares. A imagem também ilustra o sentido de rotação aparente das constelações em torno da Estrela Polar, a qual se mantém fixa. Para além de ajudar a definir os pontos cardeais, a Estrela Polar permite igualmente avaliar a latitude do lugar se for medido o ângulo a que esta se encontra relativamente ao horizonte do lugar, ou seja, a altura (h). Por exemplo, um observador situado no Pólo Norte verá a Estrela Polar no seu zénite, contudo em Portugal (Aveiro) esta estrela fará um ângulo de aproximadamente 40° com o horizonte. Esta técnica é a base de funcionamento de alguns instrumentos de navegação utilizados na expansão marítima, casos do quadrante e do astrolábio. Entretanto, se prolongarmos uma linha imaginária passando pela primeira estrela da cauda da Ursa Maior (a estrela Megrez) e pela Estrela Polar, numa distância igual, iremos encontrar a constelação de Cassiopeia, em forma de «M» ou «W», a qual é facilmente identificável no céu. Assim, a Cassiopeia e a Ursa Maior estão sempre em simetria em relação à Estrela Polar.

A constelação de Oriente (ou Orion), ilustrada na figura 4.20, é também facilmente identificável, mas só no Inverno, pois a partir de Abril desaparece a Oeste, deixando de ser visível. Diz a mitologia que Oriente, o grande caçador, se vangloriava de poder matar qualquer animal. O terrível combate que travou com Escorpião levou os deuses a separá-los. Assim, a constelação de Escorpião encontra-se realmente na região oposta da esfera celeste, daí nunca se conseguirem encontrar estas duas constelações ao mesmo tempo acima do horizonte. De facto, a constelação de Oriente faz lembrar um homem, sendo as estrelas Saiph e Rigel os pés. Ao meio aparecem 3 estrelas em linha recta, as «Três Marias», que se reconhecem imediatamente, dispostas obliquamente em relação ao horizonte. Este trio forma o Cinturão de Oriente, do qual pende uma espada, constituída por outras 3 estrelas, dispostas na vertical. No ombro esquerdo situa-se Betelgeuse, uma supergigante vermelha situada a 425 anos-luz da Terra, que alguns especialistas prevêem poder explodir como supernova dentro de algumas centenas de anos. Se prolongarmos

uma linha imaginária que passe pela estrela central do Cinturão de Oriente, passando pelas 3 estrelas da «cabeça», vamos encontrar a Estrela Polar.

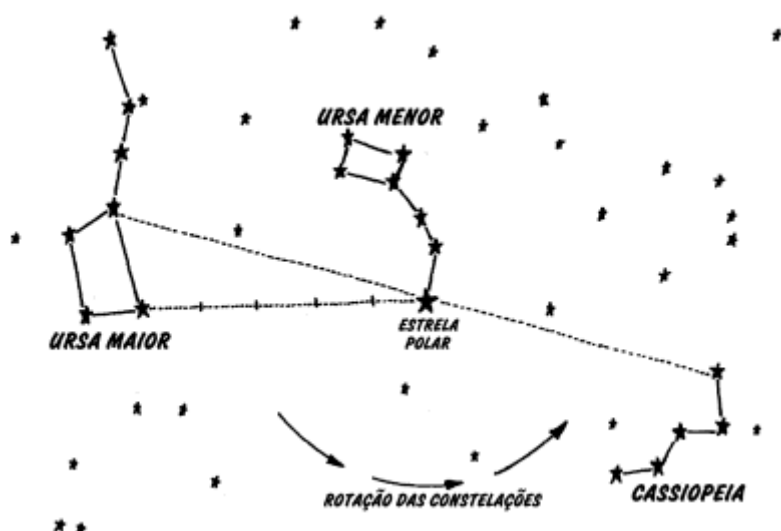


Figura 4.19: Ursa Maior, Ursa Menor e Cassiopeia

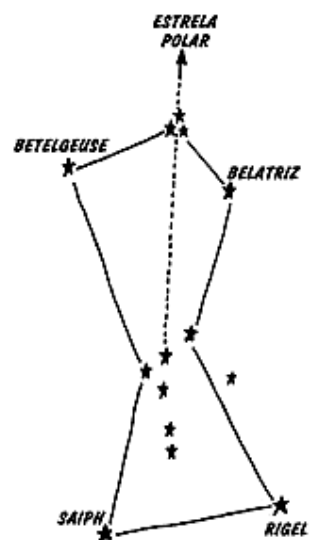


Figura 4.20: Oriente

Uma constelação que contém alguns objectos muito interessantes de observar e fáceis de identificar é Touro. Nela se encontram, por exemplo, a gigante vermelha Aldebaran (o olho do Touro), ou o Enxame Aberto das Plêiades, o grupo de estrelas mais brilhante no céu. Um modo fácil de o localizar é considerar a recta que passa pelas estrelas Betelgeuse e Aldebaran, ambas avermelhadas. Se prolongarmos a recta chegaremos às Plêiades, bem no pescoço do Touro, tal como mostra a figura 4.21. O aglomerado compreende pelo menos 500 estrelas, se bem que é dominado pelo brilho de apenas 7 delas, denominadas «Sete Irmãs», encontrando-se a 440 anos-luz de nós. Assumindo a forma de «V», sobrepondo-se Aldebaran num dos vértices, encontramos as Híades, sendo o enxame de estrelas mais próximo da Terra (150 anos-luz). A nebulosa de Caranguejo, embora não seja visível a olho nu, é outro objecto peculiar existente nesta constelação uma vez que é o remanescente de uma estrela que colapsou e explodiu como supernova, libertando uma enorme quantidade de energia. Este fenómeno foi registado, como uma estrela visível à luz do dia, por astrónomos chineses em 1054, sendo o terceiro corpo mais brilhante no céu depois do Sol e da Lua. Pôde ser observada durante o dia durante mais de dois meses, isto apesar de se encontrar a cerca de 6 300 anos-luz de distância.

Seria fastidioso continuarmos a enumerar e a descrever as constelações da esfera celeste, bem como todos os objectos estelares dignos de registo, pois são inúmeros. Optámos, assim, por referir apenas os mais importantes e aqueles que, de uma ou outra forma, têm ligação com o

questionário científico que foi realizado. Contudo, a nossa lista não ficaria completa sem fazer referência a Sírio, na constelação de Cão Maior, por ser a estrela mais brilhante na Terra depois do Sol. A sua localização é simples, sobretudo no Inverno, por se situar próximo de Oriente. Encontra-se prolongando uma recta que passe pelas «Três Marias», como se constata pela figura 4.22.



Figura 4.21: Oriente e Touro

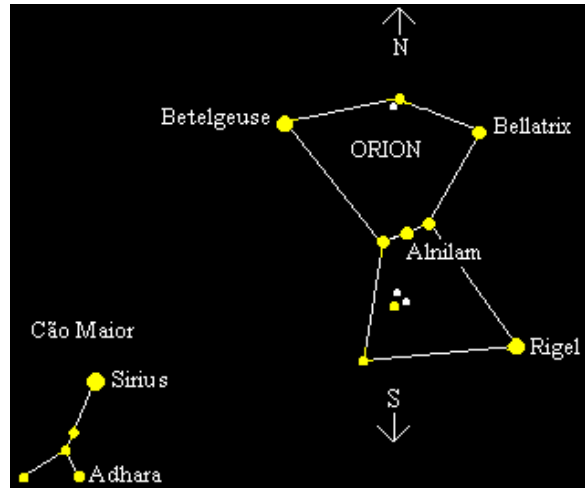


Figura 4.22: Oriente e Cão Maior

Convém reforçar a ideia de que a generalidade dos objectos celestes que têm sido mencionados é facilmente identificável, sobretudo durante o Inverno, podendo assim o docente fazer referência a eles de modo a motivar os alunos para a sua observação posterior. O recurso a planetários virtuais, como o Stellarium, facilita ainda mais esta tarefa, sendo um aspecto sobre o qual nos iremos debruçar em detalhe mais à frente.

De facto, mesmo sem o auxílio de qualquer equipamento pode-se aprender a conhecer as constelações e a familiarizar-se com as posições dos planetas visíveis a olho nu. Contudo, para se começar a explorar a sério a esfera celeste são necessários uns bons binóculos e um telescópio e, obviamente, um mapa celeste. Assim, para além de ser recomendado, muitos daqueles que iniciam a observação dos céus preferem começar com uns binóculos que, essencialmente, apresentam duas grandes vantagens. Por um lado, permitem uma adaptação gradual entre o campo de visão à vista desarmada e o pormenor dado pelos telescópios e, por outro, são menos dispendiosos, isto no caso do interesse pela Astronomia não se revelar duradouro. Para além disto ainda podem ser utilizados nas habituais observações terrestres. No mercado, há binóculos das mais variadas dimensões que oferecem uma ampla gama de prestações. Estes instrumentos são descritos, como já vimos, por dois números ligados por um sinal de multiplicação (\times). O primeiro desses números indica o aumento, enquanto o segundo indica as dimensões das lentes da objectiva em milímetros.

Os binóculos com dimensões e características adequadas ao uso astronómico geral são os 8×40, 7×50 e 10×50. Binóculos de maiores dimensões têm o inconveniente de necessitarem de um suporte para serem utilizados, não apenas por serem pesados e isso causar desconforto, como também pelo facto da imagem aparecer tremida devido à dificuldade em conseguir estabilizar o equipamento. No entanto, mesmo com binóculos mais pequenos ter-se-á necessidade de um tripé porque é bastante difícil segurá-los apontados para o céu durante muito tempo.

Muitos principiantes ficam surpreendidos com a quantidade de objectos celestes que podem observar com binóculos. É possível, por exemplo, observar as crateras na superfície da Lua e os movimentos das quatro luas galileanas de Júpiter, visualizar bastantes nebulosas (como a Grande Nebulosa de Oriente), várias galáxias (entre elas, Andrómeda) e muitas regiões repletas de estrelas ao longo da Via Láctea. Existem ainda outros fenómenos que se vêem melhor, como os eclipses do Sol e da Lua, as conjunções¹ da Lua e dos planetas em crepúsculo e, inclusivamente, cometas. Assim, relativamente aos telescópios, os binóculos permitem uma localização mais fácil dos objectos celestes, graças ao seu menor alcance, ao amplo campo de visão e ao facto de mostrarem imagens direitas, podendo o seu uso ser encarado como uma preparação para o telescópio.

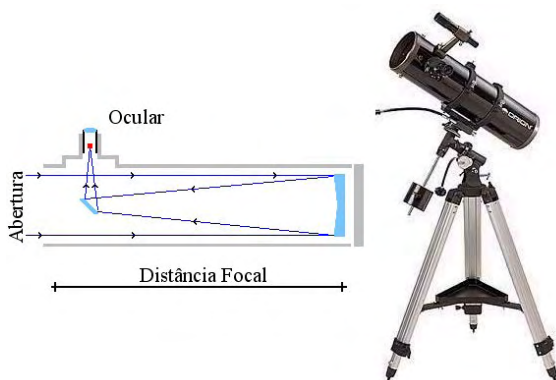


Figura 4.23: Telescópio refletor

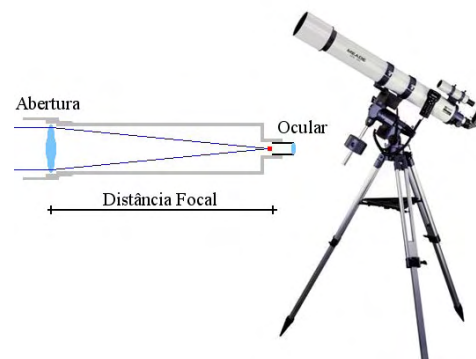


Figura 4.24: Telescópio refrator

Há, essencialmente, dois tipos principais de telescópios. Assim, os refractores recolhem a luz com uma lente que serve de objectiva colocada na parte posterior do tubo do telescópio, enquanto os reflectores recebem a luz através de um espelho curvo posto na parte de trás do tubo. Os telescópios são sempre descritos através das dimensões da sua objectiva ou do seu espelho. Por exemplo, um reflector de 300 mm tem um espelho principal com este diâmetro. Em ambos os tipos de telescópios, a ocular está separada do corpo e é substituível. Graças a este acessório

¹ Conjunção é um termo usado em Astronomia que se refere ao alinhamento de corpos celestes no céu vistos da Terra.

podemos variar o aumento e a profundidade do campo visual segundo as nossas exigências. Os reflectores têm um espelho secundário para dirigir a imagem para a ocular. Este espelho de pequenas dimensões obstrui parcialmente o principal, impedindo que uma parte da sua superfície receba a luz. Isto significa que, para se obter imagens com a mesma qualidade, teremos necessidade de um reflector maior que um refractor. No entanto, os telescópios refractores de boa qualidade são, em geral, mais caros, por isso a maior parte dos astrónomos amadores prefere os reflectores. Os mais pequenos refractores adequados a uma séria observação do céu têm um diâmetro de 50/70 mm, enquanto os mais pequenos reflectores realmente dignos de consideração apresentam um diâmetro de 110/150 mm. Graças a um telescópio deste tipo, estaremos em condições de ver não só as características pormenorizadas da Lua, mas até as fases de Vénus. Com estes instrumentos pode-se ainda observar as calotes polares de Marte, além da Grande Mancha Vermelha de Júpiter e os anéis que circundam Saturno.

Quando se começa a observar um objecto celeste através de uns binóculos ou telescópio, a identificação dos pormenores pode tornar-se difícil, pelo menos enquanto os olhos não estiverem treinados, precisando de pelo menos 10 a 20 minutos para se adaptarem à escuridão. Também há que ter em conta a turbulência atmosférica e as correntes de ar porque isto pode afectar a qualidade das imagens obtidas. É ainda oportuno ir registado os objectos que vão sendo observados, especificando a data, a hora, o instrumento utilizado e todos os parâmetros que possam ser úteis para comparar com as observações feitas em sessões diferentes, ou por outros observadores. Finalmente, é sempre útil consultar alguém mais experiente na observação do céu. Em muitas localidades espalhadas pelo país há associações e grupos de astrónomos onde é possível encontrar pessoas com quem se aconselhar.

4.9. Actividades Práticas

Após a discussão de vários aspectos de natureza teórica que devem estar subjacentes à leccionação desta unidade didáctica, vamos agora propor algumas actividades práticas de natureza interactiva, de execução relativamente simples. Estas actividades baseiam-se na utilização do planetário virtual Stellarium (actualmente na versão 0.10.2), podendo ser efectuado o download gratuito na Internet em www.stellarium.org. Consideramos que é uma ferramenta que se pode revelar muito útil neste estudo, não apenas pela quantidade de recursos que possui, como também pelo facto de ter uma interface de utilização acessível. Tem ainda a particularidade de ter disponível

o idioma português, o que para a utilização com a faixa etária em questão constitui efectivamente uma vantagem. O Stellarium pode servir, no caso dos alunos, de ponto de partida para o início da observação astronómica, permitindo também aos docentes adquirir mais experiência neste campo. Assim, tendo em conta os diversos assuntos abordados na unidade *Universo*, este software permite:

- Simular o movimento aparente da esfera celeste;
- Associar as imagens imaginárias das constelações aos seus nomes;
- Identificar as estrelas no céu fornecendo as suas coordenadas celestes horizontais;
- Localizar outros corpos celestes como galáxias, enxames de estrelas, planetas, etc.



Figura 4.25: Ursa Menor e Cassiopeia no Stellarium

Em acréscimo, o professor pode ainda obter informação adicional sobre os astros, que embora já esteja fora do âmbito do programa aumenta a sua cultura nesta matéria, nomeadamente o tipo de espectro das estrelas, as coordenadas celestes equatoriais, a paralaxe, entre outras.

5. Recursos da Unidade *Sistema Solar*

5.1. Aspectos Gerais

A Terra é um dos corpos celestes que constituem o Sistema Solar, ou seja, o conjunto de planetas, asteróides e cometas, entre outros corpos de menor importância, que orbitam à volta do Sol, que é a estrela mais próxima de nós, mas que não é diferente das outras estrelas que, à noite, se vêem a brilhar no céu. Por isso, os astrónomos consideram provável que existam muitos outros sistemas planetários semelhantes ao nosso em torno de outras estrelas. De facto, as teorias astronómicas sustentam que, depois de uma estrela se ter formado pelo colapso gravitacional de uma nuvem de gás sob o seu próprio peso, em volta dela podem-se formar corpos mais pequenos, os planetas, a partir do que restou da nuvem. Embora a observação de planetas em redor de outras estrelas (extra-solares) seja muito difícil, os astrónomos estão a começar a recolher as primeiras provas da sua existência.

Neste capítulo iremos então debruçar-nos sobre a unidade *Sistema Solar*, incidindo especificamente em algumas questões desta matéria devido à sua maior relevância. No final, tal como aconteceu no caso da unidade anterior, serão ainda propostas algumas actividades para o professor desenvolver em contexto lectivo.

5.2. Estrutura do Sistema Solar

O Sistema Solar (figura 5.1) compreende uma estrela (o Sol), oito planetas principais, cinco planetas anões (em Junho de 2009), mais de 150 luas ou planetas secundários, bem como uma enorme quantidade de corpos menores, que incluem os asteróides, os cometas, as partículas dos anéis planetários e a poeira interplanetária. A sua forma geral é a de um disco plano com o Sol no centro e com as órbitas dos planetas quase coplanares, concêntricas e aproximadamente circulares (figura 5.1). As suas distâncias ao Sol seguem uma progressão quase geométrica. O raio do Sistema Solar observável é, aproximadamente, de 50 UA. A estrela mais próxima da Terra, Próxima Centauro, encontra-se a cerca de 250 000 UA do Sol. Estes dados dão uma ideia clara da relativa pequenez do espaço ocupado pelo Sistema Solar. Ainda assim, a influência gravítica do Sol é dominante no que diz respeito ao resto das estrelas vizinhas até 50 000 UA, que é onde se pensa estar situada a Nuvem de Oort, a residência dos cometas de longo período. O movimento de

translação dos planetas à volta do Sol faz-se em sentido directo, isto é, em sentido contrário ao movimento dos ponteiros do relógio. A maior parte das luas, incluindo as mais importantes, também se move em sentido directo à volta dos seus respectivos planetas. O mesmo acontece com o movimento de rotação dos planetas sobre si mesmos, à excepção de Vénus e Urano que giram em sentido retrógrado. Exceptuando os cometas, todos os outros corpos menores também orbitam o Sol no mesmo sentido da Terra.

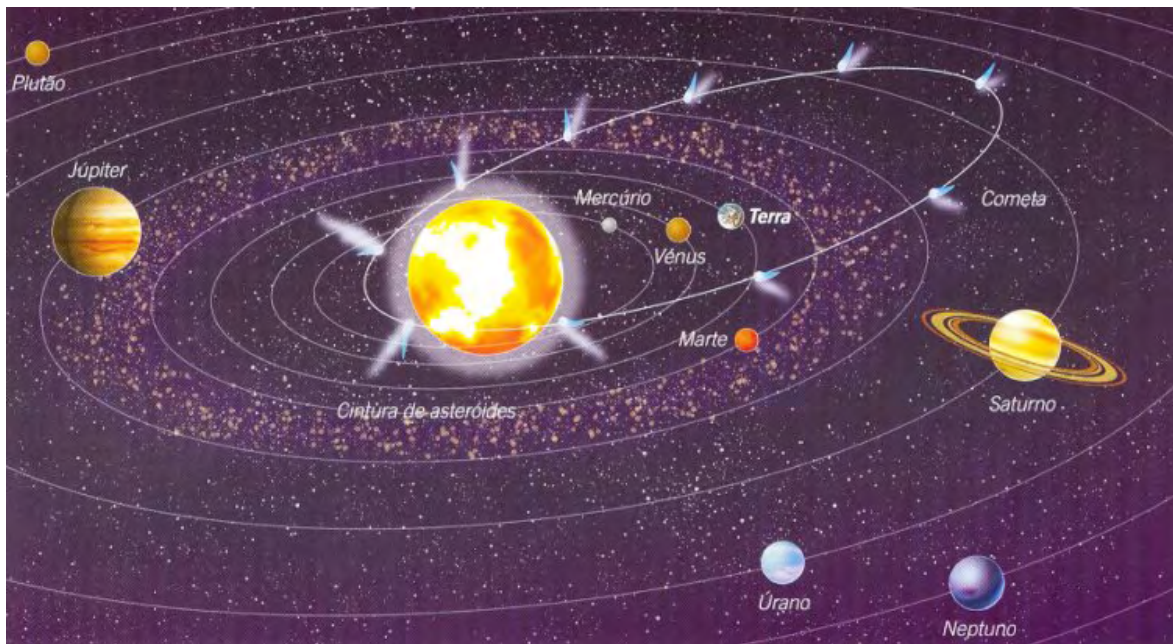


Figura 5.1: Sistema Solar

5.3. Formação do Sistema Solar

O Sol e todo o Sistema Solar formou-se há cerca de 4,5 mil milhões de anos. Actualmente, de acordo com a hipótese nebular (ver figura 4.2), considera-se que nasceu de uma nebulosa composta de gás e poeira que, graças a um evento externo, talvez a explosão de uma supernova próxima, entrou em colapso (A), ajudado por uma lenta rotação inicial que fez com que a nebulosa assumisse uma forma discoidal com o proto-Sol no meio. A temperatura no centro começou a crescer até atingir valores tão elevados que se iniciaram reacções nucleares, permitindo assim que o Sol iniciasse a sua actividade (B).

Os primeiros corpos precursores de planetas que se formaram na nebulosa, de dimensões variáveis compreendidas entre alguns quilómetros e algumas centenas, chamam-se planetesimais, sendo constituídos por rocha e gelo. Tratavam-se de massas de forma irregular que não tinham

gravidade suficiente para se tornarem esféricas. Depois, em apenas algumas dezenas de milhares de anos, estes planetesimais cresceram até se tornarem protoplanetas com dimensões compreendidas entre os 100 km e os 500 km (C). Foi neste ponto que adquiriram um aspecto esférico e, entrando em colisão uns com os outros, formaram corpos cada vez maiores, até às dimensões dos planetas actuais (D). Em particular, mais para o interior da nebulosa, onde a temperatura era muito mais alta, formaram-se planetas rochosos porque, devido às elevadas temperaturas e ao forte vento solar gerado pela jovem estrela, substâncias como a água ou o metano não podiam existir na forma sólida e foram dispersas, deixando sobretudo metais e silicatos. O frio das zonas exteriores da nebulosa, permitiu que os planetas dessa região conseguissem reter grandes quantidades de gelo e outras substâncias que o calor destrói com facilidade. Assim, as massas desses planetas muito maiores, permitiram-lhes então capturar enormes quantidades de hidrogénio e hélio que formaram as suas atmosferas. Estes elementos, por serem menos densos, escaparam mais facilmente para a periferia do Sistema Solar.

Calcula-se que os planetas terrestres tenham demorado 100 milhões de anos para passar de protoplanetas às dimensões actuais mediante uma acumulação de massa. A Terra e Vénus, os mais maciços, conseguiram reter uma atmosfera consistente devido ao efeito da gravidade, ao passo que Marte, menos maciço, permaneceu com uma atmosfera muito ténue e em Mercúrio, o mais pequeno, esta é quase inexistente. No Sistema Solar externo, pelo contrário, graças à presença de um maior número de planetesimais, à grande abundância de água e de elementos leves, formaram-se objectos muito mais maciços, como já vimos.

Contudo, nem todos os planetesimais originaram corpos de grandes dimensões. De facto, alguns dos rochosos e metálicos não cresceram e constituíram os asteróides. Ao invés, os de gelo aglomeraram-se e formaram os núcleos dos cometas que, actualmente, orbitam o Sol a partir de regiões remotas do Sistema Solar, como a Cintura de Kuiper ou a Nuvem de Oort.

Assim, os planetas principais dividem-se em duas categorias, segundo a sua composição. Os mais próximos do Sol (Mercúrio, Vénus, Terra e Marte) são denominados planetas terrestres, rochosos ou telúricos, porque são constituídos sobretudo de rochas e metais. Ao invés, Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno constituem o grupo dos planetas gasosos, gigantes ou jovianos e possuem massas pelo menos 10 vezes superiores à da Terra. Outra maneira de classificar os planetas baseia-se na distância. Os que efectuam órbitas interiores à Terrestre (Mercúrio e Vénus) chamam-se inferiores ou interiores, ao passo que os restantes são designados planetas superiores ou exteriores.

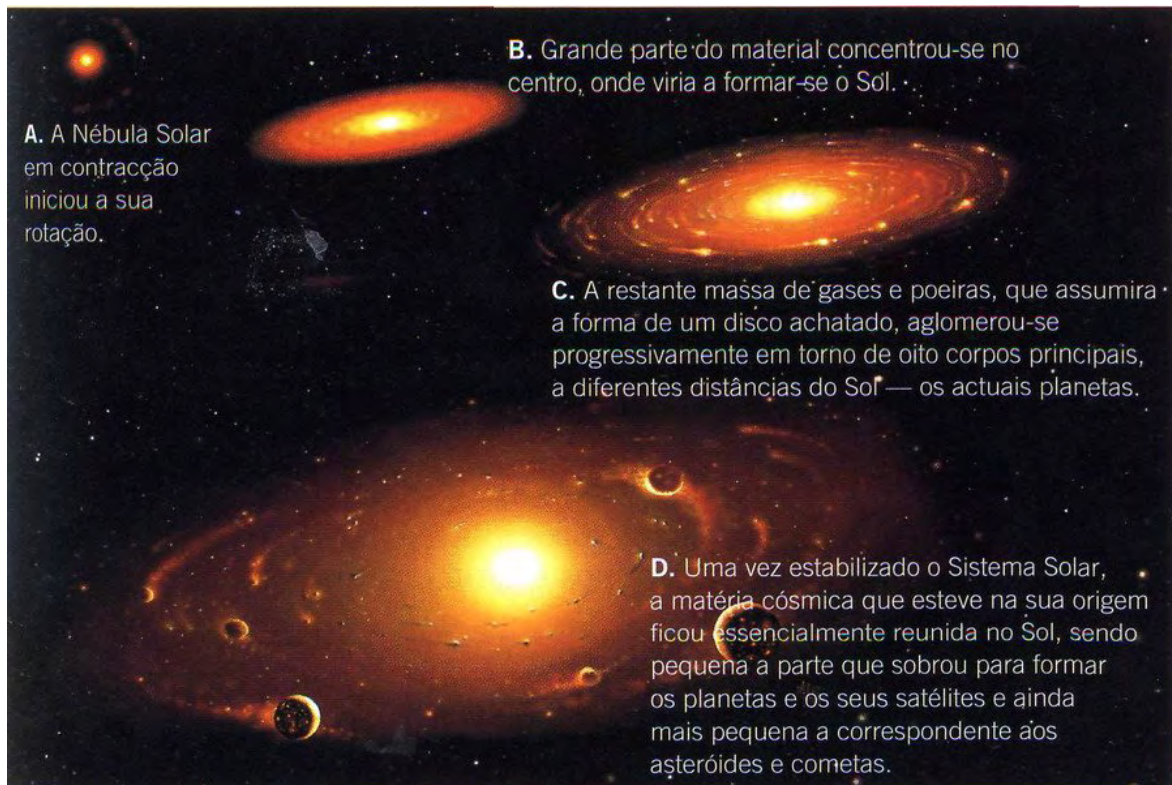


Figura 5.2: Hipótese nebular da origem do Sistema Solar

5.4. O Sol

O nosso Sol é uma esfera gigantesca de hidrogénio e hélio que, através de reacções nucleares, gera quantidades inimagináveis de energia no seu interior, entre elas a luz e o calor, de que tanto dependemos aqui na Terra.

Por vezes diz-se que a estrela mais perto de nós é Próxima Centauro, a 4,24 anos-luz de distância. Na realidade, a estrela mais próxima é o Sol, que dista de nós uma média de 150 milhões de km, uma distância insignificante quando pensamos na dimensão do Universo. Vemos o Sol diariamente com a maior naturalidade, mas esta estrela anã amarela supera em tamanho e em brilho a maioria das suas companheiras. De facto, apenas 2% das estrelas da galáxia são maiores e mais luminosas.

As dimensões do Sol são gigantescas. O seu diâmetro é cerca de 1,392 milhões de km, sendo 110 vezes maior que o da Terra e 10 vezes o de Júpiter. Contém 99,8% da massa do Sistema Solar enquanto os 0,2% restantes se repartem pelos outros corpos como a Terra, os planetas, os satélites, os asteróides, os cometas e a poeira. Apesar da aparente tranquilidade quando observado desde a Terra, o Sol é uma esfera de gás cujo calor se gera devido a um

processo constante de fusão nuclear que ocorre no seu núcleo, onde o hidrogénio se transforma em hélio. Esta reacção liberta quantidades enormes de energia, não apenas como luz e calor, mas também na forma de outras radiações como raios gama, raios ultravioleta e raios X, que ascende através da zona de irradiação e de convecção até à fotosfera.

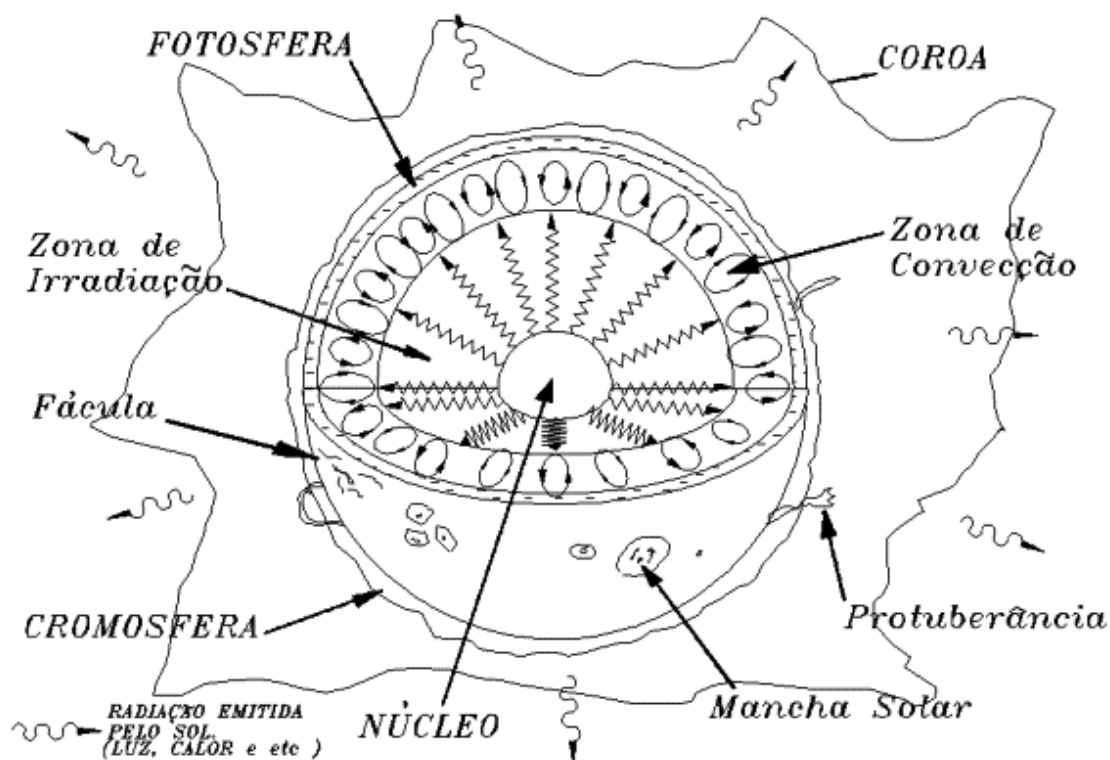


Figura 5.3: Estrutura do Sol

A temperatura do núcleo solar ascende a 15 milhões de graus. O Sol é tão imenso que no caminho do centro até à fotosfera, que é a superfície observável, a matéria arrefece até 5800 °C. Sobre a fotosfera encontra-se uma camada delgada e que pode ser mais fria, chamada cromosfera, invisível em condições normais. Por cima da cromosfera situa-se a atmosfera exterior, ou coroa, que se entende pelo espaço interplanetário, onde a temperatura ascende a 2 milhões de graus, sendo este valor elevadíssimo de temperatura um dos mistérios do Sol por revelar. Tal como a cromosfera, a coroa também só se pode observar durante os eclipses do Sol ou através de filtros especiais.

Apesar de já há dois mil anos os antigos chineses terem observado manchas escuras no Sol, foi Galileu quem entendeu que estas manchas se formam no astro, se estendem pela superfície à medida que ele roda e depois desaparecem. No ano de 1828, mais de dois séculos depois, o alemão Heinrich Schwabe começou a procurar um possível planeta chamado Vulcano, que supostamente se teria cruzado entre a Terra e o Sol. No entanto, em vez do planeta misterioso

descobriu que o número de manchas solares aumentava e diminuía durante um ciclo, que agora se sabe ser de 11 anos e que coincide com o incremento e diminuição da actividade normal do Sol. As manchas solares mais complexas correspondem a lugares onde se concentram campos magnéticos muito intensos, impedindo o fluxo de energia. Nestas regiões activas podem produzir-se erupções súbitas conhecidas como fulgurações, emissões breves de radiação de muitos comprimentos de onda, bem como de partículas carregadas em grandes quantidades que são aceleradas a cerca de $\frac{1}{3}$ da velocidade da luz. As fulgurações são mais frequentes na época de máxima actividade solar, tendo o último pico ocorrido em 2001. São ainda mais espectaculares as protuberâncias, imensos jactos de plasma que se alongam do Sol em direcção ao exterior e que estão, frequentemente, associados às erupções e são responsáveis pelas ejeções de massa da coroa (EMC), conhecidas pelas tempestades geomagnéticas que geram na Terra. Estes jactos têm origem próximo de manchas solares e podem elevar-se a alturas comparáveis do diâmetro solar, com velocidades superiores a 300 km/s e temperaturas de cerca de 10 000 °C. A fotosfera apresenta também uns filamentos brilhantes, parecidos com nuvens, chamados fáculas. Ao contrário das manchas, estes traços são mais quentes que a matéria que os envolve.

5.5. Mercúrio

Embora os chineses e os egípcios já conhecessem o planeta Mercúrio, foi a sua identificação com a mitologia romana que prevaleceu na hora de consolidar o seu nome, tendo-lhe sido atribuído o nome do mensageiro dos deuses devido a este planeta ser o que se move com o valor médio de velocidade orbital mais elevado. Já foi referido que este planeta está fisicamente perto do Sol, girando à volta deste a uma distância de 58 milhões de km, uma vez a cada 88 dias, sendo o seu período de rotação aproximadamente $\frac{2}{3}$ (59 dias) do de translação. Mercúrio não tem luas nem qualquer espécie de atmosfera que sirva de barreira protectora suavizando o impacto de meteoritos, tendo a sua superfície repleta de crateras. Também por esta razão, a radiação solar incidente é extremamente intensa, verificando-se ainda a maior amplitude térmica do Sistema Solar. De facto, a temperatura diurna em Mercúrio pode atingir 400 °C, caindo para -200 °C à noite.

Durante os anos 1974 e 1975, a sonda Mariner 10, fez três explorações ao planeta e conseguiu uma sequência de fotografias excepcional permitindo mapear 45% da sua superfície, que se revelou cheia de crateras de todos os tamanhos e texturas. Mais recentemente, no início de 2008, a sonda Messenger mapeou mais uma porção de 30% durante a sua aproximação a

Mercúrio, estando previstas passagens posteriores de modo a cartografar completamente o planeta. Tal como sucede com a Lua, Mercúrio ainda está marcada pelos fortes impactos de rochas que recebeu durante a pré-história do Sistema Solar.

Mercúrio tem ainda a particularidade de ser um planeta difícil de reconhecer a olho nu uma vez que se move rapidamente e geralmente aparece na direcção do Sol, nunca se afastando dele mais de 28° . Contudo, sabendo a sua localização, o que pode ser conseguido, por exemplo, através do Stellarium, pode ser identificado durante algumas semanas ao entardecer e mais tarde ao amanhecer. Em intervalos regulares, de uma década aproximadamente, este planeta interpõe-se directamente entre a Terra e o Sol. A este acontecimento dá-se o nome de trânsito e, com técnicas adequadas, Mercúrio vê-se como uma diminuta mancha negra avançando lentamente pela face do Sol. O último trânsito de Mercúrio ocorreu a 7 de Maio de 2003.

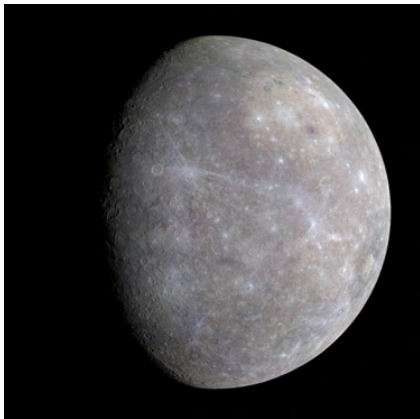


Figura 5.4: Mercúrio

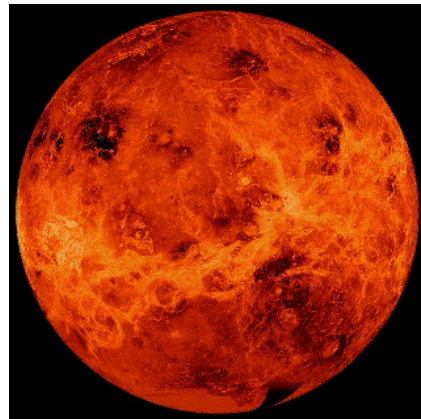


Figura 5.5: Vénus

5.6. Vénus

Chamado umas vezes de estrela da manhã (Estrela d'Alba) e outras por estrela do anoitecer (Estrela Vésper), o planeta Vénus recebeu este nome devido à antiga deusa romana da beleza e do amor. Apesar do aspecto magnífico quando observado a partir da Terra, a verdade é que o nome não podia ser mais contraditório com as características deste planeta pois as suas condições atmosféricas são perfeitamente extremas.

De facto, Vénus está coberto por nuvens de vapor de água e ácido sulfúrico tão densas que não é possível ver a sua superfície sem sistemas de radar sofisticados. A figura 5.5 ilustra uma vista global de Vénus obtida por radar pela sonda Magalhães, uma das várias missões enviadas para explorar o planeta. Entre elas inclui-se ainda a Venera 7, o primeiro artefacto construído pelo

homem a pousar noutra planeta, o que ocorreu em 1970, tendo enviado informação durante alguns minutos antes de ser destruída pelo calor e pela pressão da atmosfera do planeta. De facto, as temperaturas da superfície de Vénus aproximam-se dos 460 °C, as mais altas do Sistema Solar, sendo a pressão atmosférica extremamente elevada, cerca de 100 vezes mais alta que a da Terra. Como a atmosfera é quase toda ela constituída por dióxido de carbono, podemos concluir que Vénus experimenta um forte efeito de estufa. A radiação do Sol aquece a superfície, tal como acontece na Terra, mas o calor não consegue dispersar-se através da espessa camada de dióxido de carbono e nuvens. Mesmo durante a noite a temperatura pouco desce.

A paisagem de Vénus revelou-se desoladora. Em 1993, a sonda Magalhães realizou uma sequência completa de mapas da sua superfície, que revelaram pormenores das zonas continentais e das crateras. O escasso número destas, em consequência dos impactos de asteróides e cometas, sugere que a sua superfície é relativamente jovem, tendo sido restaurada devido a actividade vulcânica ocorrida apenas a algumas centenas de milhões de anos. Uma curiosidade é o facto de que a maioria dos acidentes de relevo descobertos em Vénus tem nomes femininos à excepção dos montes Maxwell, em homenagem ao físico escocês.

É impossível não se dar pela presença de Vénus pois, quando se está a observar na altura e na posição correcta, é a «estrela» mais brilhante de todas. De facto, sabendo exactamente para onde olhar, pode inclusivamente ver-se o planeta à luz do dia. Quando gira em redor do Sol, Vénus permanece uma estação no céu vespertino, seguida de outra no céu matutino, a uma distância de 48° do Sol. Através de um telescópio pequeno, Vénus é deslumbrante e luminoso e, tal como na Lua e Mercúrio, é possível distinguir fases. Por outro lado, como a órbita deste planeta é consideravelmente maior que a de Mercúrio, os trânsitos de Vénus são muito mais raros, ocorrendo alternadamente entre períodos de 8 anos e de mais de 100. O último ocorreu em 8 de Junho de 2004 e o próximo está previsto para 6 de Junho de 2012. Outro aspecto peculiar é o facto de um ano neste planeta (225 dias terrestres) ser mais pequeno do que um dia (243 dias terrestres).

5.7. Terra

De todos os planetas, a Terra é única por vários motivos. Assim, apresenta uma atmosfera dinâmica contendo oxigénio, essencial à existência de vida. Embora muitas nuvens de vapor de água ocultem uma parte variável da sua superfície (figura 5.6), fazem dela um lugar brilhante no Sistema Solar interior, contribuindo para o seu albedo (0,39). Por outras palavras, podemos dizer

que o nosso planeta reflecte cerca de 39% da radiação solar que sobre ele incide. Contudo, a mais notável de todas as suas características será provavelmente o facto de 70% da sua superfície estar coberta de água, seja em forma líquida ou de gelo. Em nenhum outro planeta se encontrou até hoje água à superfície no estado líquido.

Geologicamente a Terra é muito activa, em contraste com o seu planeta irmão, Vénus. A superfície está dividida em placas tectónicas que assentam sobre um manto rochoso. Os terremotos, a actividade vulcânica e as montanhas estão concentrados ao longo dos limites dessas placas. Como consequência desta actividade, para além da erosão do vento e da chuva, a superfície terrestre não mostra muitos vestígios dos impactos de rochas tão frequentes na pré-história do Sistema Solar. As crateras estão, na sua maior parte, desgastadas ou ocultas.

No entanto, sem dúvida que o mais extraordinário de tudo, conforme temos constatado, é que a Terra é o único planeta, pelo menos dentro do nosso Sistema Solar, que tem vida. Assim, é devido à existência simultânea de diversas condições que este facto ocorre. Para além da atmosfera ter uma composição química gasosa na proporção adequada¹ e de haver água, a distância do nosso planeta ao Sol aliada ao facto do efeito de estufa ser moderado proporcionam uma temperatura média dentro de valores compatíveis com a existência de vida. Em acréscimo, a atmosfera² funciona como filtro natural para determinadas radiações nefastas provenientes do Sol, em especial para as radiações ultravioleta de maior energia, as UV-C (predominantemente absorvidas na termosfera e na mesosfera pelo O₂ e N₂), e as radiações ultravioleta de energia intermédia, as UV-B (essencialmente absorvidas na estratosfera pelo O₂ e O₃). Finalmente, a magnetosfera, criada pelo campo magnético terrestre como resultado das correntes geradas no seu núcleo contendo ferro e níquel líquidos, funciona como escudo protector desviando da superfície da Terra as partículas de alta energia transportadas pelo vento solar.

5.8. Lua

Embora a Lua não seja um planeta principal, merece uma atenção especial em virtude de ser o único satélite natural do nosso planeta e influenciar de forma determinante inúmeros fenómenos na Terra. Até hoje trata-se do único lugar extraterrestre pisado pelo homem tendo tal feito ocorrido no dia 20 de Julho de 1969, durante a missão Apollo 11 tripulada pelos astronautas Neil Armstrong, Edwin Aldrin e Michael Collins. Encontra-se a uma distância média de 384 000 km.

¹ 78% Azoto, 21% oxigénio, 1% vapor de água e 1% de árgon, dióxido de carbono e outros gases vestigiais.

² Por ordem crescente de altitude a atmosfera divide-se em troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera.



Figura 5.6: Terra



Figura 5.7: Lua

A origem da Lua é, ainda hoje, um tema controverso. As teorias sobre a sua formação e evolução são variadas e só recentemente se começou a fazer alguma luz sobre este problema. Antes de discutir as diversas hipóteses, convém resumir algumas das características do nosso satélite, para ver as suas analogias e diferenças em relação à Terra. Assim, a olho nu é possível distinguir estruturas peculiares da superfície lunar pois ela não aparece como um disco uniforme, mas coberta por zonas claras (as terras) e por regiões escuras (os mares), conforme é ilustrado na figura 5.7. Por toda a parte há crateras (cerca de 1 milhão) das mais diversas dimensões, com diâmetros a partir de alguns centímetros até centenas de quilómetros. Os mares são áreas planas situadas abaixo do nível médio do solo e predominantemente uniformes que cobrem cerca de um terço da face que a Lua volta para a Terra, sendo constituídos principalmente por rochas de origem vulcânica formadas devido a enormes torrentes de lava. As Terras, pelo contrário, apresentam um aspecto mais complexo e recortado, ocupando os dois terços restantes do hemisfério visível e a quase totalidade do escondido. Nelas são abundantes as crateras de grandes dimensões, dez vezes mais numerosas que nos mares. A superfície lunar compreende também algumas cadeias montanhosas com relevos que atingem os 6000 m de altura. Distribuídas de maneira irregular na superfície lunar, concentram-se sobretudo em volta dos mares, embora o monte mais alto esteja situado numa região próxima do Pólo Sul lunar.

Existem três hipóteses clássicas sobre a origem do nosso satélite: captura, agregação ou fissão. A primeira sugere que a Lua se teria formado numa região afastada da Terra e, depois, teria sido capturada pelo nosso planeta, graças à sua gravidade. Isto explicaria as diferenças na composição química das superfícies da Terra e da Lua. Esta é diferente porque se formou noutro lugar, numa zona do Sistema Solar pobre em elementos voláteis, como H, He, C, S e os compostos

que contêm estes elementos, que são gasosos até temperaturas muito baixas e, pelo contrário, rica de elementos refractários, como Mg, Si, Ca, Al, Fe, etc., que se encontram no estado sólido a temperaturas relativamente altas. A captura parece, no entanto, um processo demasiado improvável do ponto de vista dinâmico, porque um corpo como a Lua que passasse perto da Terra dificilmente seria capturado, pois somente sofreria um desvio na sua trajectória.

No segundo cenário, o da agregação, a Lua teria sido uma «companheira» da Terra, crescido juntamente com ela, mas nascido separadamente, e ter-se-ia formado a partir de fragmentos que se encontravam em órbita à volta da Terra. Esta hipótese não explica as diferenças de composição dos dois corpos, dado que neste caso ter-se-iam originado ambas a partir do mesmo material.

Segundo a hipótese da fissão, a Lua teria nascido a partir de uma brutal colisão cósmica sofrida pelo nosso planeta numa época muito remota (figura 5.8). Um corpo de grandes dimensões (semelhante às de Marte) atingiu a Terra, extraíndo dela uma grande quantidade de material que, entrando em órbita ao redor da Terra, se foi compactando por acção da gravidade até formar a Lua. Esta hipótese explicaria a semelhança entre o material lunar e o manto terrestre, dado que os estratos mais inferiores do nosso planeta, junto ao núcleo, não teriam sido afectados pela colisão. Actualmente, esta terceira hipótese parece a mais plausível, sendo conhecida por Big Splash.

A fraca gravidade lunar levou a que fosse perdida toda a atmosfera. Por esta razão a Lua é constantemente bombardeada por meteoritos que acabaram por pulverizar as rochas da superfície criando um amontoado de um fragmento chamado rególito, que tem em média 2 a 8 metros de profundidade. Em 1990 a sonda Lunar Prospector detectou reservas de gelo de água escondidas no fundo de algumas crateras polares, sempre na escuridão.

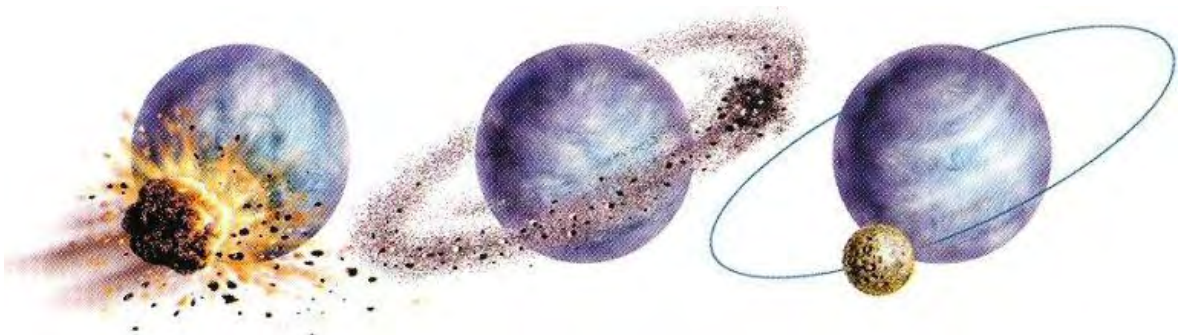


Figura 5.8: Formação da Lua

5.9. Marte

Frequentemente fala-se de Marte como o planeta do Sistema Solar mais parecido com a Terra. De facto, a sua morfologia apresenta precipícios, planícies e terrenos elevados que se podem comparar a continentes. A obliquidade do seu eixo é parecida com a da Terra, a qual dota o planeta também de quatro estações, aproximadamente duas vezes mais longas que as da Terra, uma vez que demora 687 dias a completar uma volta em torno do Sol. O seu período de rotação sideral dura 24h37m. Do mesmo modo que a Terra, Marte possui círculos polares gelados (figura 5.10) e mantém algo parecido com uma atmosfera, contudo as semelhanças ficam-se por aqui.

A atmosfera marciana é muito rarefeita, com uma pressão à superfície equivalente à que impera na Terra a 30,5 km de altitude, contendo 95% de dióxido de carbono. Ainda que este gás exerça um certo efeito de estufa e ajude a elevar a temperatura média do planeta, a sua baixa densidade não permite a retenção do calor durante um longo período. Para além deste facto, a grande excentricidade da órbita de Marte acentua as mudanças de estação. Como consequência, o clima marciano apresenta características de dureza, com temperaturas que variam entre -125 °C no Inverno polar, até 17 °C no Verão austral. De facto, em alguns lugares de Marte a temperatura é tão baixa que o dióxido de carbono atmosférico solidifica na forma de gelo seco. Por fim, a superfície marciana é árida e desoladora, sem ecossistemas nem oceanos. Apesar de todas estas contrariedades, Marte continua a ser o objecto principal visando a procura de vida fora da Terra.

Existem indícios de que Marte tenha sido um planeta muito diferente há 4500 milhões de anos. Com uma atmosfera mais densa, os processos associados à sua formação libertaram calor suficiente para fundir o gelo de água da sua superfície. A julgar pelo grande número de canais e desfiladeiros observados pelas sondas espaciais e pela análise de meteoritos marcianos, noutras épocas teria havido água em abundância na sua superfície. Onde está agora toda essa água? A análise das imagens enviadas pela sonda Global Surveyor, em 2000, mostrou algumas fendas nas muralhas de algumas crateras, um pormenor que aponta para a existência de água subterrânea a profundidades entre os 100 e os 400 metros. Outros achados de sondas espaciais sugerem grandes depósitos de rochas sedimentares, talvez formados por lagos e oceanos já desaparecidos.

Marte é composto sobretudo de silicatos e possui um núcleo metálico modesto, sendo o campo magnético pouco intenso. A sua cor avermelhada característica é devida à presença de óxido de ferro na sua superfície. Acredita-se que em tempos tenha existido oxigénio neste planeta e a sua reacção com o ferro metálico existente o tenha oxidado levando à formação do óxido de ferro,

conferindo-lhe a tonalidade de «ferrugem». São também frequentes fortes tempestades de areia à sua superfície. Em 1971, por exemplo, esteve completamente encoberto durante meses devido a uma tempestade deste género. Este planeta possui ainda vários acidentes geográficos espectaculares, entre os quais conta-se Olympus Mons, talvez o maior vulcão do Sistema Solar, encontrando-se 25 km acima das planícies circundantes no hemisfério ocidental do planeta. Também merece atenção Valles Marineris, a sul do equador. Este sistema de canais, com uma profundidade de 7 km, forma uma imensa fenda que se estende ao longo de 4000 km.

Os dois pequenos satélites do planeta, Fobos e Deimos, podem ser asteróides capturados gravitacionalmente. O maior, Fobos, tem forma de batata, mede 13,5 km e gira à volta do planeta a cada 7,7 horas. A gravidade é tão débil em Fobos que uma pessoa teria ali um peso cujo valor seria, sensivelmente, 1000 vezes menor do que na Terra. Ainda menor é Deimos, duas vezes e meia mais distante de Marte que Fobos. Este rochedo rodeia Marte a cada 1,26 dias.

Observando Marte a partir da Terra, apercebemo-nos de que, ao longo do ano, a direcção do seu movimento no céu muda e, em certos períodos, parece voltar para trás. Na realidade, a mudança de direcção é apenas aparente e deve-se ao facto de a órbita de Marte ser exterior à da Terra. Assim, Marte demora mais tempo a completar uma volta em torno do Sol e vai ficando «para trás» em relação à Terra que, em determinado momento, o ultrapassa. Este fenómeno, a partir da Terra, manifesta-se como movimento retrógrado de Marte (figura 5.9). Devido à excentricidade da sua órbita, quando está mais perto da Terra durante a oposição (alinhamento Sol - Terra - Marte), a cada 26 meses, a sua distância em relação a nós ronda os 56 milhões de km e a sua luminosidade chega a duplicar a de Sírio. Ao invés, durante a conjunção chega a atingir 400 milhões de km, ficando o Sol entre os planetas. Quando alcança esta distância tão remota, parece muito pequeno, mesmo sendo observado com telescópios.

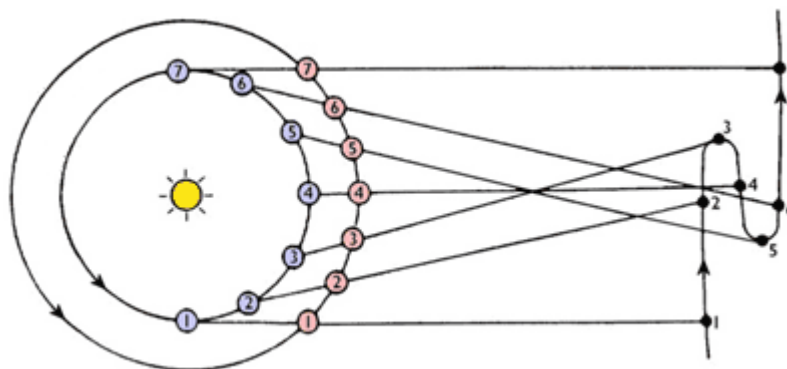


Figura 5.9: Movimento retrógrado



Figura 5.10: Marte

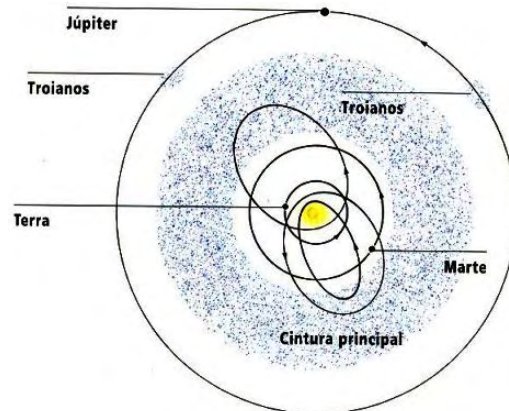


Figura 5.11: Cintura de Asteróides

5.10. Cintura de Asteróides

O estudo das órbitas dos planetas pôs em evidência, até finais do século XVIII, que as distâncias ao Sol seguiam uma progressão aproximadamente geométrica, mas parecia existir um local não ocupado entre Marte e Júpiter. A procura levada a cabo para encontrar o planeta que «faltava» surtiu efeito no dia 1 de Janeiro de 1801, quando Guiseppe Piazzi descobriu um corpo que orbitava a 2,8 UA do Sol, exactamente no lugar previsto, tendo-lhe chamado Ceres. Assim que o viu, constatou que era muito pequeno para ser um planeta, já que tinha apenas aproximadamente 1000 km de diâmetro e além disso, nos meses seguintes, foram descobertos mais três, Palas, Juno e Vesta. Havia-se encontrado um novo tipo de astros, os asteróides. Depois foram-se descobrindo cada vez mais, de acordo com o progresso instrumental. Hoje em dia conhecem-se uns milhares (cerca de 4000 catalogados). Ainda assim, a sua massa total é muito pequena pois, entre todos, não chegam nem à quarta parte da do planeta Mercúrio. Agrupam-se maioritariamente numa zona entre Marte e Júpiter, designada por Cintura de Asteróides (figura 5.11), cuja espessura está compreendida entre 100 e 300 milhões de km. Contudo, há muitos que têm órbitas muito distantes deste cinturão principal, como veremos a seguir

Não se trata de um conjunto de astros homogéneos. Os seus tamanhos variam entre os 1025 km de diâmetro de Ceres e as centenas de metros dos mais pequenos que são conhecidos. No entanto, pode afirmar-se com toda a segurança que há um grande número ainda mais pequenos mas cuja detecção a partir da Terra não é possível. As suas formas são diversas, desde quase esféricas, como Ceres, a muito alongados e com aparências pouco comuns. Pensa-se que a influência gravitacional de Júpiter terá impedido a formação de um planeta telúrico nesta região, contudo os asteróides com massa suficiente terão conseguido adquirir formas mais esféricas.

Nem todos os asteróides estão concentrados na faixa principal. Por exemplo, alguns gravitam à volta do Sol na mesma órbita de Júpiter, concentrados em dois grupos distintos que precedem e seguem o planeta em cerca de 60°, localizados em dois Pontos de Lagrange do sistema Sol - Júpiter, ou seja, pontos estáveis livres da atracção gravitacional provocada por esses dois corpos. São chamados de Troianos, sendo baptizados com os nomes dos heróis da guerra de Tróia.

Pelo contrário, existem alguns que foram ejectados da faixa devido a colisões com outros asteróides e à influência gravitacional de Júpiter. Estes seguem órbitas extremamente excêntricas, muito semelhantes às dos cometas. Em alguns casos estas órbitas podem, inclusivamente, interceptar a órbita da Terra mais de uma vez por ano o que acontece, por exemplo, no caso do asteróide Eros, visitado pela sonda NEAR, em 2000. Dado que se suspeita que o número destes objectos ascenda a mais de um milhar, as possibilidades de um asteróide poder atingir a Terra, embora baixas, não são completamente desprezáveis. De facto, muitas das crateras que ainda hoje se podem observar no nosso planeta demonstram que ele sofreu no seu passado longínquo o impacto de corpos celestes de dimensões apreciáveis. Em particular, segundo uma teoria bastante difundida, teria sido precisamente o impacto de um asteróide de, pelo menos, 10 km de diâmetro, acontecido há cerca de 65 milhões de anos, que contribuiu para a extinção dos dinossauros.

Tendo por base a redefinição do conceito de planeta, realizada pela UAI em 2006, Ceres foi classificado como planeta-anão, ou seja, passou a fazer parte de uma categoria de objectos que orbitam em torno do Sol, com massa suficiente para adquirir uma forma aproximadamente esférica, mas cuja órbita não se encontra desimpedida. Ceres será estudado no futuro pela missão DAWN.

5.12. Júpiter

Com uma massa equivalente a 317 vezes a da Terra e cerca de 2,5 vezes a massa de todos os outros planetas juntos, Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. Se Júpiter tivesse sido 80 vezes mais massivo, a pressão exercida pelas suas camadas exteriores teria elevado a temperatura central o suficiente para desencadear reacções de fusão nuclear e convertê-lo assim numa estrela pouco massiva, o que faria do Sistema Solar um sistema planetário com dois sóis.

Júpiter começou a ser estudado de forma sistemática por Galileu Galilei, em 1610, através da sua luneta. Contudo, como dista de nós uma média de 780 milhões de km, a observação telescópica detalhada sempre foi um processo complicado, de modo que foi necessário esperar até

à era espacial para conhecer melhor este planeta. Assim, a passagem da sonda Pioneer 10 em 1973 e da Pioneer 11 no ano seguinte a caminho do Sistema Solar exterior iniciaram o processo. Mais tarde, no final dessa década, as sondas Voyager 1 e 2 prosseguiram o trabalho de pesquisa, tendo obtido imagens detalhadas das características atmosféricas do planeta, do seu vasto conjunto de luas e do seu ténue sistema de anéis. Em 1995 a missão Galileu ampliou esta informação, tendo apresentado também os primeiros dados directos acerca da natureza física e química das camadas externas de Júpiter, ao lançar uma sonda directamente para a atmosfera do planeta. Ao todo, com a Cassini-Huygens, a caminho de Saturno, e a New Horizons, com destino a Plutão, este planeta já foi visitado por 7 missões não tripuladas.

Júpiter é um planeta constituído essencialmente por hidrogénio, de proporções tais que a Terra caberia 1300 vezes dentro dele. Relativamente à sua estrutura, no centro do planeta encontra-se um núcleo rochoso, possivelmente com 25 000 km de diâmetro, cuja temperatura é estimada em 30 000 °C. Segue-se uma camada de hidrogénio metálico responsável, devido à elevada velocidade de rotação do planeta, pelo seu campo magnético bastante intenso. O hidrogénio metálico transforma-se, gradualmente, num cinturão largo de hidrogénio líquido à medida que a pressão diminui. Por fim, a atmosfera é composta, aproximadamente, de hidrogénio (90%) e de hélio (10%), além de vestígios de outras substâncias como amoníaco, metano e vapor de água. O seu rápido movimento de rotação, cujo período é de 9,9 horas, é a causa da forma aplanada do planeta nos pólos, bem como das violentas tempestades atmosféricas que ocorrem. A maior dessas tempestades é a Grande Mancha Vermelha (figura 5.12), descoberta por Robert Hooke, em 1664, chegando a medir 40 000 km de comprimento e 14 000 km de largura. Este enorme redemoinho de vento, cuja velocidade atinge 600 km/h e dura há séculos é o exemplo mais evidente das tempestades ovais, que são fenómenos comuns nas atmosferas de todos os planetas gigantes.



Figura 5.12: Júpiter

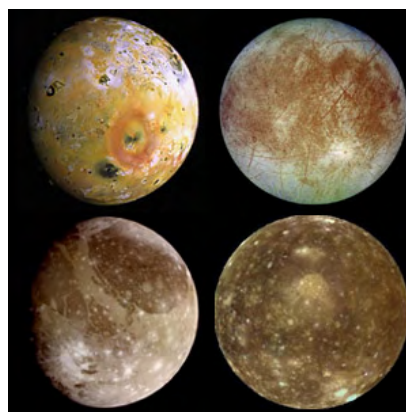


Figura 5.13: Luas galileanas

Em torno de Júpiter orbitam um vasto conjunto de luas. Iremos agora centrar a nossa atenção nas quatro maiores, descobertas por Galileu e, por esse motivo, designadas apropriadamente por luas galileanas (figura 5.13). Assim, Io, a mais próxima de Júpiter é tão afectada pela força gravitacional que esse facto induziu-lhe enormes forças de maré, sendo por consequência o lugar do Sistema Solar com maior actividade vulcânica e a sua superfície alaranjada constantemente renovada. Mais afastada encontra-se Europa, onde se suspeita que haja um oceano por baixo da sua superfície gelada que poderá, eventualmente, albergar formas primitivas de vida, dado que tem intrigado bastante a comunidade científica. Posteriormente situa-se Ganímedes, a maior lua do Sistema Solar, cuja superfície é bastante complexa e, finalmente, a mais externa, Calisto, que apresenta um grande número de crateras, sendo que uma delas mede 1500 km de diâmetro. Actualmente, ao todo este planeta tem 63 luas conhecidas.

Júpiter é, logo depois de Vénus, o planeta que permite uma melhor observação. Bastante nítido à vista desarmada em determinadas épocas do ano, é possível inclusivamente visualizar detalhes como a Grande Mancha Vermelha ou os movimentos das suas luas recorrendo a um pequeno telescópio ou a uns bons binóculos apoiados num tripé, recriando a experiência executada por Galileu.

5.13. Saturno

Saturno é um dos quatro planetas gigantes e o sexto a contar do Sol. O sistema de anéis que possui (figura 5.14) é, sem dúvida, a sua característica mais impressionante, tendo sido descoberto, em princípio, em 1610 por Galileu. Porém, como ele tinha à sua disposição um telescópio bastante rudimentar, interpretou o que via ainda como sendo luas, tendo a existência de anéis sido comprovada apenas em 1656 pelo holandês Christian Huygens.

Saturno está, em relação ao Sol, quase duas vezes mais afastado do que Júpiter, de modo que para se reconhecerem da Terra os anéis, formados na sua maior parte por pequenos corpos de rocha e gelo é necessário um bom instrumento óptico. Como eles estão inclinados podem ser vistos da Terra em diferentes posições. Entre os anéis existe um espaçamento saliente, com 4800 km, cujo nome «Divisão de Cassini» se deve ao seu descobridor, em 1675. Em homenagem aos trabalhos desenvolvidos por estes dois cientistas, baptizou-se de Cassini-Huygens a missão não tripulada, lançada em 1997, com o objectivo de estudar mais em detalhe Saturno e as suas luas, especialmente Titã, embora as naves Voyager tivessem já sobrevoado o planeta na década de 80.

Um dia em Saturno dura 10,7 horas e, tal como em Júpiter, a alta velocidade de rotação induziu um achatamento dos pólos e um abaulamento no equador. Apesar deste dado, devido ao facto de possuir uma camada de hidrogénio metálico pouco espessa (em comparação com Júpiter), o campo magnético criado é cerca de 20 vezes inferior. Embora a massa deste planeta seja 95 vezes a da Terra a sua densidade é, todavia, inferior à da água. Seria por isso o único planeta do Sistema Solar capaz de flutuar neste líquido. Outros dados físicos interessantes revelam que a temperatura média atmosférica ronda os $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, à semelhança de Júpiter, este planeta possui uma fonte de calor interna, emitindo assim mais energia do que aquela que recebe.

Saturno contém um núcleo de rocha e gelo, com um diâmetro de cerca de 30 000 km. Este núcleo é coberto por uma camada de hidrogénio metálico, contudo essa camada é menor do que a de Júpiter, conforme já foi referido atrás. Assim, uma grande parte do interior do planeta é constituída pela camada de hidrogénio líquido que se encontra no manto externo. Na atmosfera, constituída essencialmente por hidrogénio e hélio, conjuntos de nuvens movimentam-se paralelamente ao equador em torno do planeta, surgindo tempestades como em Júpiter. No entanto, elas têm pequenas proporções e são de curta duração, apesar de os ventos poderem atingir velocidades até 1800 km/h. A presença maioritária de elementos leves nos estados líquido e gasoso é a origem, como já se referiu, da baixa densidade deste planeta, cerca de $0,69\text{ g/cm}^3$.



Figura 5.14: Saturno

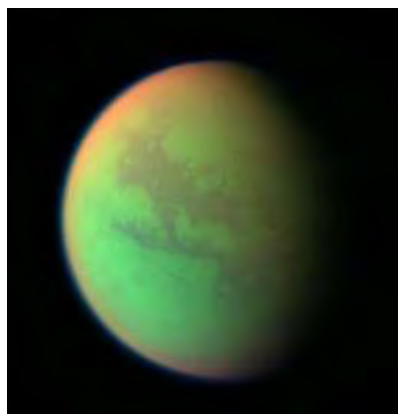


Figura 5.15: Titã

Apesar de existirem anéis nos restantes três planetas jovianos, em nenhum deles o sistema é tão complexo e impressionante como em Saturno. Da Terra são visíveis três largos anéis, chamados, de fora para dentro, A, B e C, embora se saiba que existam outras centenas de pequenos anéis estreitos cuja observação é mais complicada. No século XIX, Édouard Roche, um matemático francês, avançou pela primeira vez com uma teoria que explica a origem dos anéis

planetários, quando sugeriu que se um objecto, como uma pequena lua, se aproximasse demasiado de um planeta poderia ser desfeito porque a sua gravidade não seria capaz de deter a força de maré exercida pelo planeta massivo. Assim, no passado um ou vários objectos devem ter ultrapassado o Limite de Roche de Saturno, ter-se-ão desfeito e dado origem aos anéis. Hoje sabemos que todos os planetas gigantes têm anéis, contudo no caso de Júpiter, Úrano e Neptuno eles são muito ténues.

Actualmente, Saturno tem conhecidos cerca de 60 satélites naturais, dos quais Titã (figura 5.15) é claramente o mais importante e o segundo maior do Sistema Solar. Com cerca de 5150 km de diâmetro equatorial, é a única lua conhecida a ter atmosfera, que se assemelha à da Terra primordial, constituída sobretudo por azoto, bem como por árgon, metano e vestígios de diversos compostos orgânicos. A hipótese de ser um dos lugares do Sistema Solar candidatos a poder albergar formas primitivas de vida levou a sonda Huygens a descer à sua superfície em 2005.

Foi o último planeta descoberto a olho nu e como não é tão facilmente identificável quanto Vénus ou Júpiter, é conveniente saber a sua localização na esfera celeste, tendo em conta a data/hora e o lugar de observação. O uso de binóculos permite distinguir claramente o planeta e a de um telescópio de 150 mm permite vislumbrar os seus anéis e as maiores luas.

5.14. Úrano

Úrano está aproximadamente duas vezes mais distante do Sol que Saturno, tendo sido descoberto em 1781 por Herschel. Foi o primeiro planeta descoberto com recurso a telescópio, isto apesar de ele poder ser visto a olho nu, mas como se encontra no limite da visibilidade já havia sido confundido antes com uma estrela. É extremamente frio (-195 °C) pois recebe apenas uma ínfima parte da luz solar. A maior parte do que conhecemos acerca deste planeta deve-se à Voyager 2 que o sobrevoou de passagem em 1986.

Uma dos aspectos peculiares de Úrano deve-se ao facto de ter o eixo de rotação quase paralelo ao seu plano orbital, inclinado cerca de 98°, de modo que gira «deitado» (figura 5.17). Desta situação resultam algumas consequências estranhas. Assim, ao longo do seu período orbital, que dura 84 anos, cada pólo passa 42 anos na escuridão, seguido de 42 anos submetido à luz solar directa. Para além disto o seu movimento de rotação é efectuado no sentido retrógrado. Pensa-se que estes factos sejam a consequência de uma colisão violenta que Úrano tenha sofrido com outro corpo massivo durante a sua história.

Admite-se que Urano possua, à semelhança dos outros gigantes gasosos, um núcleo pequeno de rocha mas, ao contrário de Júpiter e Saturno, não possui uma camada de hidrogénio metálico e estará sim coberta por uma capa de água, metano e amoníaco no estado líquido, misturada com rochas. A camada exterior consiste sobretudo de hidrogénio (83%) e hélio (15%), mas também existe metano e amoníaco que, a temperaturas tão baixas, tendem a formar nuvens de cristais gelados. O metano é o principal responsável pela cor azulada do planeta (figura 5.16).

Úrano tem 27 luas conhecidas, sendo os seus nomes retirados de personagens de várias peças de William Shakespeare e de obras de Alexander Pope, especialmente os personagens principais femininos delas. De entre elas, Titânia (a maior) e Miranda (a mais enigmática) são as mais importantes, sendo que a última é conhecida por ter um relevo estranhamente deformado. Uma das teorias para a origem dos anéis de Úrano aponta para o facto de serem destroços de um impacto de um objecto exterior com Miranda. Este satélite conseguiu readquirir a forma esférica, contudo ficou com importantes cicatrizes geológicas. Verona Rupes, por exemplo, é um precipício que se supõe tenha cerca de 20 km de altura, o maior do Sistema Solar.



Figura 5.16: Urano

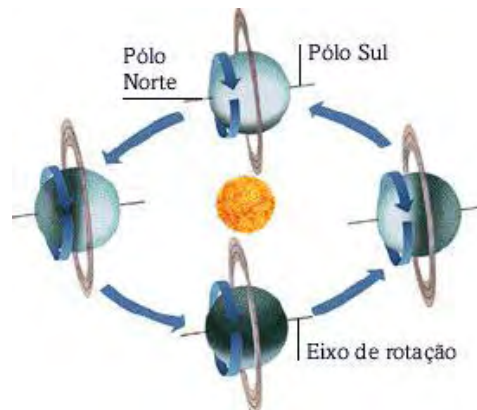


Figura 5.17: Rotação de Urano

5.15. Neptuno

Este planeta tem o nome do deus romano do mar tendo sido atribuído de forma muito apropriada já que as fotografias de Neptuno revelam uma atmosfera azul viva. Foi descoberto em 1846 pelo astrónomo alemão Johann Galle, a partir da previsão matemática da sua posição efectuada anteriormente John Couch Adams em Inglaterra e, independentemente, por Urbain Le Verrier em França. Em 1989, a Voyager 2 passou por Neptuno e pelas suas luas tendo, até ao momento, sido a única missão a observar de perto o planeta. As imagens mostraram que a

atmosfera de Neptuno tem regiões semelhantes a Júpiter e localizaram uma tempestade gigante, chamada de Grande Mancha Negra (figura 5.18) e uma outra mais pequena a sul. Em 1995, observações realizadas pelo telescópio espacial Hubble confirmaram a natureza dinâmica da sua atmosfera, contudo as manchas escuras tinham desaparecido e dado lugar a outros pormenores. O período de rotação de Neptuno é, aproximadamente, 16 horas e o de translação 164 anos.

A composição e a estrutura de Neptuno assemelham-se às de Úrano. De facto, o centro acredita-se ser constituído por um núcleo de ferro e silicatos cobertos por uma mistura de gelos diversos e água. A atmosfera é sobretudo de hidrogénio gasoso e hélio, com vestígios de metano. Tal como em Úrano, as temperaturas nas camadas exteriores são frias o suficiente ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) para congelar o metano. Ao contrário do seu vizinho, Neptuno irradia mais do dobro da energia que recebe do Sol, um vestígio que aponta para a existência de uma fonte interna de calor sendo, possivelmente, a fonte de energia da sua atmosfera tempestuosa.



Figura 5.18: Neptuno



Figura 5.19: Tritão

Neptuno conta com um sistema de anéis muito ténue e cerca de 13 luas conhecidas até à data. Tritão é a maior com um diâmetro de 2700 km e também a mais enigmática tratando-se, por exemplo, da única lua maior do Sistema Solar que orbita o planeta principal na direcção retrógrada. Este movimento parece indicar que Tritão foi capturado gravitacionalmente por Neptuno, por exemplo, à Cintura de Kuiper. A sua superfície é, igualmente, peculiar pois é bastante rugosa fazendo lembrar a casca de um melão (figura 5.19). Como já se referiu atrás, aquando da análise do questionário científico, é considerado o corpo mais frio do nosso sistema planetário ($-235\text{ }^{\circ}\text{C}$), facto que se explica devido ao seu elevado albedo, reflectindo assim a maior parte da escassa radiação solar que o atinge. Foi ainda identificado vulcanismo activo em Tritão, facto que só ocorre na Terra e em Io, sendo ainda o corpo mais denso para lá da órbita de Júpiter. Tendo em conta estes aspectos

intrigantes, está planeada uma missão a Neptuno e Tritão, nos moldes da Cassini-Huygens de Saturno, cujo lançamento está previsto para 2035.

A observação de Neptuno só é possível com telescópio e, mesmo assim, para um amador constitui um grande desafio. Há que saber a sua posição detalhada através de bons mapas ou software da especialidade, de modo a conseguir distingui-lo entre a imensidão de débeis estrelas.

5.16. Objectos Transneptunianos

Desde a descoberta de Urano, os astrónomos aperceberam-se de que a sua órbita parecia perturbada pela presença de algum corpo de tamanho planetário. Essas considerações conduziram à identificação de Neptuno. No entanto, cálculos minuciosos mostraram que persistiam interferências de difícil compreensão nos parâmetros orbitais dos planetas. Em 1930, Clyde Tombought descobriu Plutão e parecia, então, que o problema tinha sido resolvido. No entanto, houve astrónomos que mostraram que nem todas as questões relativas às órbitas planetárias encaixavam perfeitamente. Deste modo, nasceu a lenda do «planeta X», um misterioso planeta situado para além da órbita de Plutão que, com a sua gravidade, influenciava o movimento dos restantes planetas mais interiores. Contudo, apesar de todos os esforços, nunca foi encontrado.

No início dos anos 50, do século XX, Gerard Kuiper e Kenneth Edgeworth, observaram independentemente um do outro que, estudando a evolução da nebulosa em que teve origem o Sistema Solar, lhes parecia estranho que terminasse de modo brusco a uma distância do Sol igual aproximadamente à amplitude da órbita de Neptuno. Assim, supuseram a existência de um conjunto de corpos sólidos de dimensões médio-pequenas que povoassem essa região. A hipótese não pôde então encontrar resposta adequada nas observações porque os corpos que a habitam estavam para além das possibilidades dos instrumentos. Contudo, nos últimos anos têm sido descobertos em grande número, confirmando as previsões dos dois cientistas.

Hoje considera-se que a Cintura de Kuiper (ou Cintura de Edgeworth-Kuiper), como habitualmente se lhe chama, tem uma forma achatada e se estende de 30 a 50 UA de distância do Sol, contendo centenas de milhar de pequenos corpos celestes formados por rocha e diversos gelos (água, metano, amoníaco, etc.). Por vezes, a órbita de um destes objectos é alterada pela interacção gravitacional com os planetas gigantes, levando-os a atravessar a órbita de Neptuno.

O membro mais famoso da Cintura de Kuiper é, sem dúvida, Plutão. Considerado planeta principal até 2006, foi reclassificado como planeta-anão, de acordo com as novas regras

estabelecidas pela UAI, pois a sua órbita não se encontra desimpedida. Em acréscimo, tem mais algumas características que o distinguem bastante dos restantes planetas. Desde logo uma órbita bastante excêntrica, quando comparada com a dos demais, o que faz com que em determinados períodos se encontre mais perto do Sol do que Neptuno, como ocorreu entre Janeiro de 1979 e Fevereiro de 1999. Por outro lado, a trajectória orbital é também bastante inclinada (17°) em relação ao plano da eclíptica, conforme se pode constatar na figura 5.20. Tal como Urano roda «deitado» em torno do seu eixo no seu movimento à volta do Sol. O seu período de translação é de 248 anos.

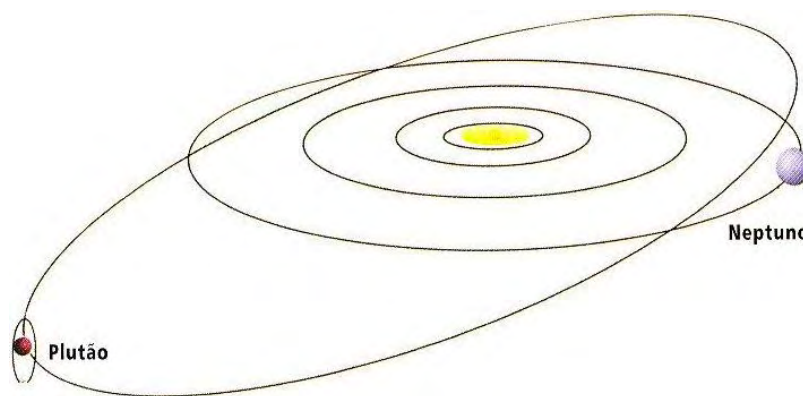


Figura 5.20: Órbita de Plutão

A informação que é conhecida acerca de Plutão é limitada pois trata-se de um objecto pequeno (2300 km de diâmetro) e muito distante (39,5 UA), o que torna a sua observação a partir da Terra extremamente difícil. De modo a ampliar o conhecimento acerca deste planeta-anão, da sua maior lua (Caronte) e, de um modo geral, explorar a Cintura de Kuiper, foi lançada em 2006 a sonda New Horizons, devendo atingir o seu objectivo em 2015. A sua constituição é desconhecida, mas presume-se que seja formado por rocha e gelo, à semelhança de Tritão. A sua ténue atmosfera deve conter sobretudo azoto, com alguma quantidade de monóxido de carbono e metano, mantendo-se apenas quando ele se encontra junto ao periélio devido à temperatura muito baixa. Algumas correntes na astronomia designam Plutão e Caronte como um sistema planetário duplo, uma vez que a lua tem metade do tamanho do planeta e encontra-se a orbitar muito perto dele.

Tendo em conta os avanços observacionais e a as novas regras relativas à classificação planetária, foram acrescentados outros três objectos transneptunianos à lista de planetas anões (figura 5.21). O primeiro foi Éris, em 2006, ligeiramente maior que Plutão e que durante algum tempo foi considerado o décimo planeta. O nome que lhe foi atribuído, em homenagem à deusa grega da discórdia, reflecte a polémica que este assunto levantou. Este plutóide situa-se no

chamado Disco Disperso, uma região remota do Sistema Solar que se estende para o exterior da Cintura de Kuiper, na qual também se localiza Sedna, o objecto mais distante do Sistema Solar observado a partir da Terra. Em 2008 foram acrescentados à lista outros dois plutóides provenientes da Cintura de Kuiper, Haumea e Makemake, havendo entretanto mais alguns candidatos em estudo.



Figura 5.21: Planetas-anões transneptunianos comparados com a Terra

5.17. Cometas

Os cometas sempre fascinaram e assustaram a Humanidade. As aparições destes corpos celestes com as suas longas caudas luminosas no céu foram muitas vezes consideradas pelos povos antigos como presságios de catástrofes. Isto deve-se à rapidez inesperada com que eles surgem no céu no meio das estrelas e ao facto de que em alguns casos são visíveis até durante o dia. Foi durante o Renascimento, e graças a Tycho Brahe, que os cometas adquiriram o papel de objectos celestes. Johann Kepler descobriu que eram regulados por movimentos precisos e, seguidamente, graças às investigações de Isaac Newton, compreendeu-se que os cometas possuíam uma órbita elíptica ou parabólica. No entanto, quem primeiro calculou com precisão a órbita de um cometa, a ponto de prever o seu retorno, foi o astrónomo britânico Edmund Halley que, baseando-se na Lei da Atracção Universal, descobriu que o cometa ao qual haveria de ser dado o seu nome tinha um período de 76 anos. O cometa Halley surgiu pela última vez junto à Terra no ano de 1986 (figura 5.24). Apesar deste dado sabe-se hoje que há cometas não periódicos.

Entre os restos da nebulosa proto-solar, isto é, o disco de gases e poeiras de que tiveram origem o Sol e os planetas também há muitos corpos de pequenas dimensões dispersos, quer entre as órbitas dos planetas, caso dos asteróides, quer muito mais além da órbita do planeta mais

distante, os núcleos dos cometas. Uma quantidade enorme destes pequenos objectos rochosos com diâmetros de poucos quilómetros e de forma muito irregular, ricos em gelo de água e de gases congelados, movem-se numa órbita compreendida entre 30 000 e 50 000 UA, nos confins do Sistema Solar. A influência gravitacional dos planetas, a que provavelmente se soma a das estrelas mais próximas, induz alguns cometas a modificar a sua órbita, empurrando-os para as regiões das órbitas planetárias, onde se tornam visíveis. O astrofísico holandês Jan Oort foi o primeiro a formular a hipótese da existência desta região que rodeia o nosso sistema planetário, sendo os cometas provenientes da Nuvem de Oort designados de longo período. Assim, caracterizam-se por órbitas parabólicas superiores a 200 anos e aproximam-se do Sol a partir de todas as direcções. Contudo, existem cometas que se movem mais próximo das trajectórias planetárias, cujas órbitas são elípticas e inferiores a 200 anos e que são provenientes da Cintura de Kuiper, como é o caso do Cometa Halley, sendo designados de curto período (figura 5.22).



Figura 5.22: Órbita do Cometa Halley

Todos os cometas que se aproximam do Sol e do Sistema Solar interior experimentam um aumento de temperatura e os gelos das camadas externas do núcleo, formados por água, dióxido de carbono e outras substâncias, que se mantiveram tanto tempo sólidos, expulsam uma nuvem de gás e poeira chamada cabeleira ou coma. Este material forma uma corrente ao afastar-se da cabeleira e constitui o pormenor mais espectacular do cometa, a cauda (figura 5.23). Assim, existem dois tipos de cauda de cometa. A cauda de poeira aparece curvada, tem forma de leque e é constituída por corpúsculos com tamanhos similares às partículas de fumo, podendo estender-se de 10 a 100 milhões de km. Ao invés, a cauda iónica ou de plasma consiste numa corrente azulada de

moléculas ionizadas que se estende contígua à cauda de poeira, mas que pode apresentar uma forma recta e alcançar dimensões de 10 milhões de km. O gás e a poeira das caudas de cometas são obrigados a espalharem-se na direcção contrária ao Sol devido à pressão do vento solar.

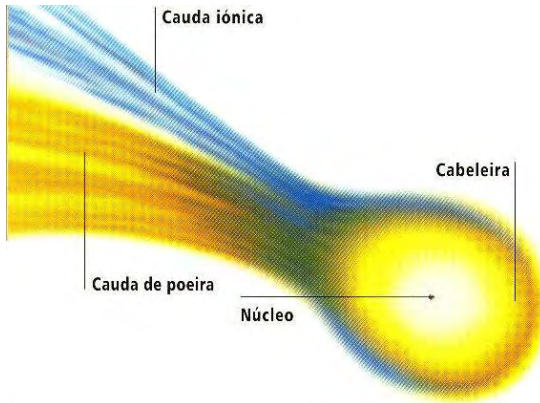


Figura 5.23: Constituição de um cometa



Figura 5.24: Estrelas cadentes

5.18. Meteoróides

A Terra, à semelhança dos outros planetas, recebe uma chuva constante de objectos que vagueiam pelo espaço, conhecidos como meteoróides, com tamanhos que vão desde partículas microscópicas, até pequenas pedras (figura 5.24). Estes corpos, ao entrarem na atmosfera, são incinerados e tornam-se visíveis na forma de riscos luminosos, originando os fenómenos conhecidos por estrelas cadentes ou chuvas de meteoros. Se estes objectos conseguirem atingir o solo passam então a chamar-se de meteoritos.

Os meteoróides são fragmentos de asteróides ou cometas. A fragilidade dos restos dos cometas faz com que sejam consumidos a grande altitude na atmosfera, mas os fragmentos de asteróides, sendo maiores e mais consistentes, conseguem em muitos casos resistir até atingir a superfície sob a forma de meteoritos, como já foi dito. Estes podem ser classificados em ferrosos, ferro-rochosos e rochosos. Os meteoróides manifestam-se a altitudes compreendidas entre 80 a 120 km acima da superfície terrestre e deslocam-se a velocidades entre os 11 e os 72 km/s.

As chuvas de meteoros ocorrem preferencialmente quando a Terra intercepta a órbita de um cometa que deixou uma mancha de resíduos que, ao entrarem em contacto com atmosfera, são incinerados dando lugar à «chuva de estrelas». O fenómeno é baptizado de acordo com o nome da constelação ou estrela mais próxima do ponto do céu donde parecem vir (Leónidas, Táuridas, etc.), chamado de ponto radiante. As chuvas de meteoros observam-se em melhores condições quando o

ponto radiante se encontra a mais de 45° de altura do horizonte. Sendo conhecida a hora do evento, num lugar sem poluição luminosa o espectáculo pode ser deslumbrante.

5.19. Actividades Práticas

Tal como anteriormente, vamos também propor a utilização do Stellarium para desenvolver algumas competências relacionadas com a constituição do Sistema Solar, nomeadamente:

- Localizar a posição dos planetas visíveis à vista desarmada, num dado lugar e momento, para que através das suas coordenadas horizontais seja facilitada a sua identificação na esfera celeste;
- Achar a posição da Lua e simular no programa o seu movimento ao longo do tempo;
- Determinar a posição relativa das luas de alguns planetas relativamente a eles, como no caso de Júpiter (figura 5.25), o que pode facilitar a sua observação através de telescópio;
- Analisar as distâncias a que se encontram os planetas e luas seleccionados, podendo o exercício também ser efectuado para os objectos estelares, aspecto visto anteriormente.

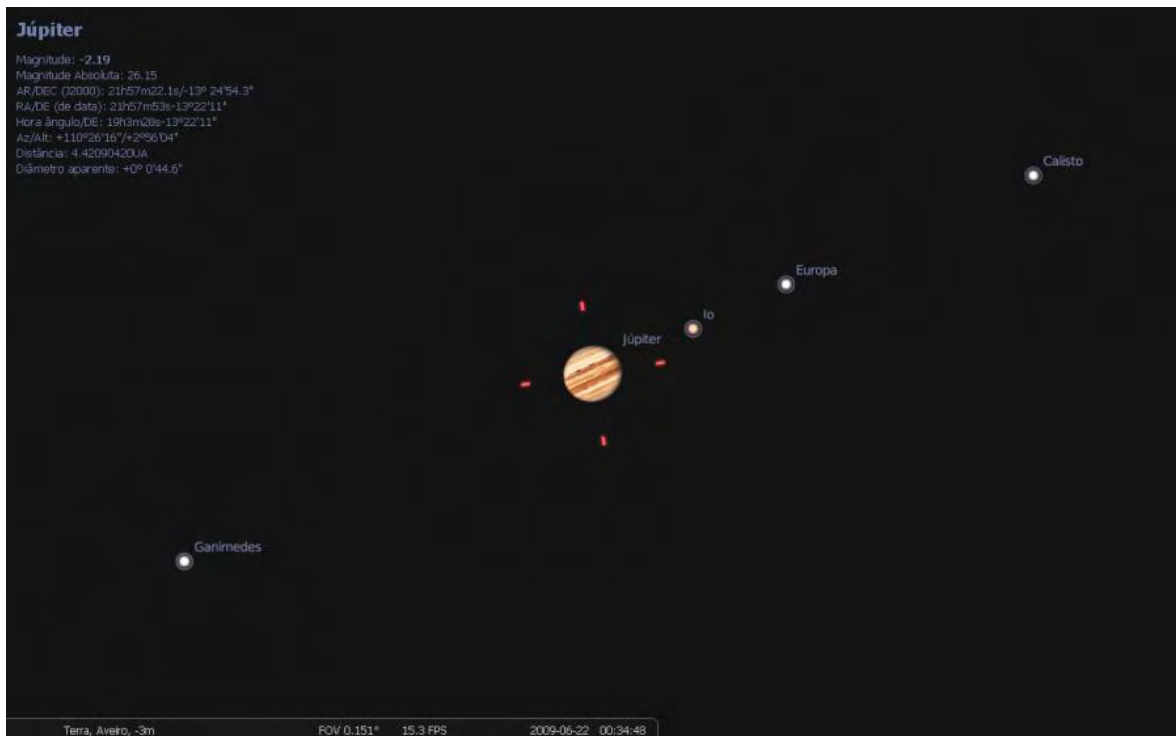


Figura 5.25: Júpiter e as luas galileanas no Stellarium

6. Recursos da Unidade *Planeta Terra*

6.1. Aspectos Gerais

Tal como já foi referido, as perguntas 13 a 20 do questionário estão implicitamente relacionadas com os assuntos abordados na unidade *Planeta Terra*, onde se pretende que os alunos aprendam:

- As causas da desigualdade dos dias e das noites e da sucessão das estações do ano;
- A que se devem as fases da Lua;
- Em que condições ocorrem os eclipses do Sol e da Lua;
- A noção de força gravitacional e a sua importância ao nível do movimento dos planetas e do fenómeno das marés;
- A diferença entre massa e peso e a variação deste com a latitude e a altitude do lugar.

Neste conjunto de questões, como vimos, detectou-se uma percentagem de erros nas respostas significativa e que indicia, por parte dos docentes, algumas fragilidades relativamente a uma abordagem mais aprofundada a estes assuntos. Assim, iremos clarificar de seguida estes aspectos.

A Terra está constantemente envolvida em diferentes fenómenos, muitos deles condicionando não apenas o nosso dia-a-dia como, inclusivamente, a própria existência de vida. Ao movimento de rotação da Terra, cujos efeitos maiores são a sucessão dos dias e das noites e o movimento aparente da esfera celeste, é ainda possível atribuir outras consequências, como sejam a forma ligeiramente elipsóide da Terra devido à força centrífuga no equador, ou ainda a influência nos ventos e correntes marítimas em determinadas regiões. Contudo, devido ao efeito gravitacional do Sol, o nosso planeta descreve em simultâneo outro movimento em torno da nossa estrela, que associado à inclinação do eixo de rotação da Terra está na base da ocorrência das estações do ano.

Tal como Sol, a Lua também pode interferir com a Terra de várias formas. Assim, as fases da Lua resultam da porção da sua face iluminada que é observada a partir da Terra. Durante as fases de Lua Nova e de Lua Cheia podem ainda ocorrer, respectivamente, eclipses do Sol e da Lua, que podem ser parciais, totais ou anulares. A Lua, devido a efeitos gravitacionais, tem ainda um

papel preponderante na ocorrência das marés, cuja amplitude pode ser reforçada devido à acção do Sol.

6.2. Movimentos Periódicos

Tal como os restantes planetas do Sistema Solar, a Terra efectua dois movimentos principais, isto é, o de rotação em torno de um eixo imaginário e o de translação (ou revolução) em redor do Sol. A possibilidade de medir o tempo e de construir calendários sempre se baseou, desde a Antiguidade, nestes dois movimentos.

Assim, o dia representa a duração do movimento de rotação da Terra em torno do seu próprio eixo e o ano a duração do movimento de translação da Terra em redor do Sol. Por esta ordem de ideias somos então levados a crer que o período de rotação da Terra e, consequentemente, o de revolução terão valores fixos. Como poderemos então explicar a existência de anos bissextos? Como veremos a seguir, a compreensão plena destes fenómenos pode não ser um exercício propriamente imediato, visto haver uma distinção entre dia e ano solar e sideral, dependendo do ponto que é usado como referência.

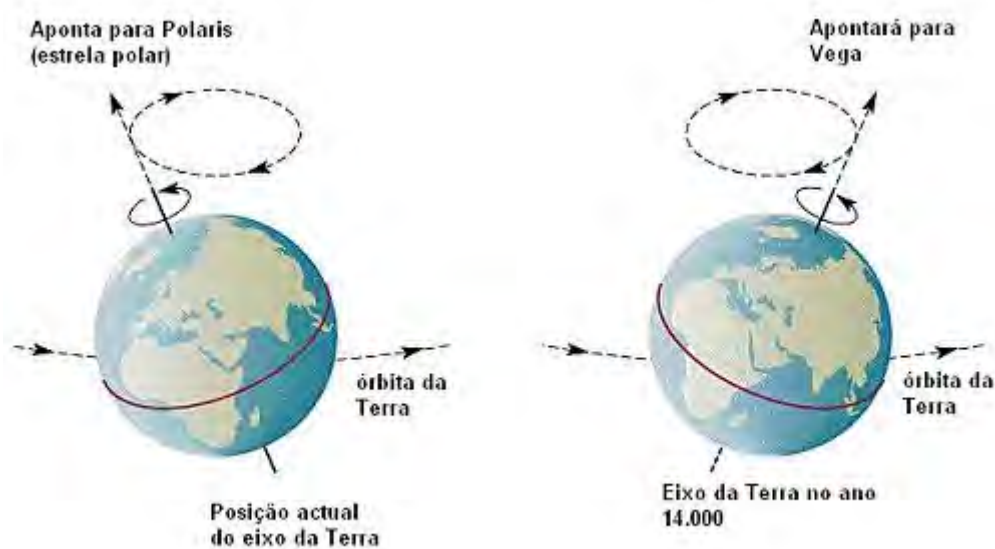


Figura 6.1: Movimento de precessão da Terra

Existem ainda outros movimentos, menos evidentes mas de algum modo importantes, cujos efeitos os astrónomos devem ter em conta, porque modificam o sistema de coordenadas com que

se localizam os corpos na esfera celeste. Entre os movimentos milenares da Terra, o de precessão (figura 6.1) é sem dúvida o mais importante. A precessão foi descoberta por Hiparco de Niceia no século II a.C. Consiste num lento movimento de rotação terrestre que, embora mantenha sempre constante a sua inclinação em relação ao plano da eclíptica, muda a sua direcção no espaço, percorrendo a superfície de um cone com o vértice no centro da Terra. A Terra comporta-se assim como um pião. A precessão é produzida pela atracção gravitacional que o Sol e a Lua exercem na dilatação equatorial da Terra, que não é perfeitamente esférica, mas ligeiramente achatada nos pólos. Dado que o Sol e a Lua não estão no plano do equador celeste, tendem a alinhar a dilatação equatorial terrestre com os seus planos orbitais. Mas a Terra, rodando em torno do seu eixo, opõe-se a esta dupla atracção, fazendo com que o eixo de rotação se mova no espaço como faria o de um pião, voltando a ter a mesma posição ao cabo de aproximadamente 26000 anos. Nestas condições, por efeito da precessão, o Pólo Norte celeste (e também o Pólo Sul) desloca-se entre as estrelas. Embora hoje possamos afirmar que a Estrela Polar indique a sua posição e a do ponto cardeal norte, dentro de 12000 anos, por exemplo, o pólo estará situado nas proximidades da estrela Vega, na constelação da Lira, conforme é esquematizado na figura 6.2.

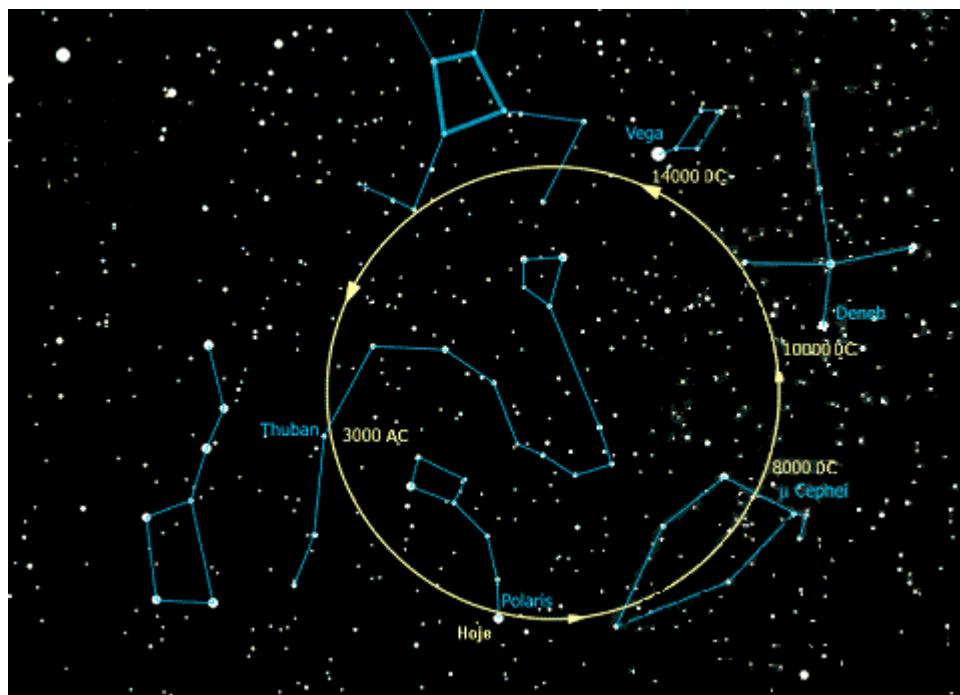


Figura 6.2: Movimento aparente do Pólo Norte celeste

O movimento de precessão do eixo de rotação da Terra devido à gravidade exercida pelo Sol e pela Lua chama-se precessão lunissolar. Mas a atracção destes dois corpos varia, por

exemplo, com o variar das distâncias do Sol e da Lua em relação à Terra. Estas circunstâncias agem de modo a perturbar o simples movimento cónico do eixo terrestre, ao qual se sobrepõem pequenas oscilações, chamadas nutações, que tornam ondulado o cone precessional (figura 6.3). As nutações têm um ciclo de 18,6 anos e uma amplitude máxima de cerca de 9 segundos de arco.

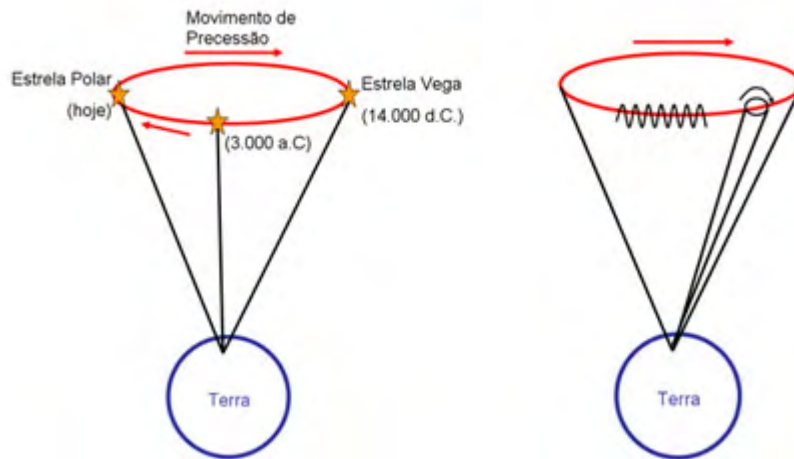


Figura 6.3: Movimento de precessão e as nutações

A precessão lunissolar não é o único tipo de precessão a que a Terra está sujeita pois também os planetas têm a sua influência. De facto, estes influem no movimento da Terra em redor do Sol, modificando-o e determinando uma deslocação do plano da órbita terrestre. Este movimento chama-se precessão planetária e faz com que o pólo da eclíptica se desloque no espaço, provocando como resultado que o movimento de precessão total, lunissolar e planetária, seja um movimento cónico periódico mas não fechado. Isto significa que o eixo terrestre realiza uma volta completa em 26000 anos, mas não regressa exactamente ao mesmo ponto do céu.

Os outros corpos do Sistema Solar exercem a sua atracção sobre a Terra, não só modificando a posição no espaço da órbita da Terra em torno do Sol, mas também mudando-lhe a forma. Assim, por exemplo, a excentricidade da órbita é modificada num período de 92000 anos. Isto quer dizer que em determinada época a órbita está mais achatada e noutra, menos. Também o ângulo de inclinação do eixo terrestre varia no tempo, embora pouco, passando de um máximo de $24^{\circ}20'$ a um mínimo de $21^{\circ}55'$, num período de cerca de 41000 anos, sendo que actualmente esse ângulo é de $23^{\circ}27'$. Estes últimos movimentos, juntamente com o de precessão, têm como efeito

modificar a irradiação da Terra pelo Sol e estão provavelmente ligados à questão das glaciações que afectaram o nosso planeta, como parecem sugerir estudos que já remontam ao século XIX.

Por fim, também as marés provocadas pela Lua têm um papel importante no movimento de rotação, isto é, o atrito exercido pelas correntes das marés abranda a velocidade de rotação da Terra, alongando progressivamente a duração do dia. Simultaneamente, a Lua afasta-se do nosso planeta cerca de 3,8 cm por ano¹. Este efeito é calculável e previsível, contudo existem movimentos envolvendo o eixo da Terra que são imprevisíveis e podem ser devidos, por exemplo, à deslocação de massas oceânicas ou, então, a movimentos no interior do globo terrestre. Pode-se falar, como consequência destas mudanças, de uma espécie de migração dos pólos terrestres, isto é, de um contínuo deslocamento dos pólos. Descobriu-se ainda, recentemente, que o campo magnético da Terra inverte o seu sentido periodicamente pois, por exemplo, há 30000 anos o Pólo Norte magnético era no Pólo Sul geográfico.

6.3. Movimento de Rotação

O nosso planeta roda, em torno do seu eixo, de oeste para este, ou seja, em sentido retrógrado ou anti-horário, isto para um observador que idealmente esteja suspenso sobre o Pólo Norte terrestre. Note-se que se define por eixo de rotação a recta imaginária que atravessa o globo terrestre e que passa pelo Pólo Norte e pelo Pólo Sul geográficos.

Assim, isto significa que os pólos permanecem fixos e não participam no movimento de rotação, enquanto todos os outros pontos da superfície terrestre se deslocam a uma velocidade linear cujo valor é tanto maior quanto mais próximos estiverem do equador, isto é, à medida que a distância ao eixo se torna maior, apesar da velocidade angular se manter a mesma. À latitude de Portugal, por exemplo, a Terra move-se a uma velocidade de cerca de 1200 km/h, enquanto no equador a velocidade tem um valor superior a 1600 km/h.

As consequências do movimento de rotação consistem então na alternância do dia e da noite e no movimento aparente da esfera celeste. De facto, por efeito da rotação terrestre, as estrelas e os outros corpos do céu nocturno parecem deslocar-se em direcção oposta, isto é, de este para oeste ou, melhor, de oriente para ocidente, em relação aquela em que nos movemos. Portanto, as estrelas parecem realizar círculos em torno da Estrela Polar, que se encontra quase exactamente sobre o prolongamento do eixo terrestre no hemisfério norte, como já discutimos

¹ Referência em <http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo1/modulo6/topico3.php>

antes. No entanto, o movimento horário dos astros não pode ser considerado, por si só, uma prova do facto da Terra girar sobre si mesma, porque poderia igualmente ser produzido pela rotação efectiva da esfera celeste observada a partir de uma Terra que se manteria fixa e imóvel no espaço.

A prova irrefutável do nosso planeta estar sujeito a uma rotação em torno do seu próprio eixo foi fornecida, em 1851, pelo físico francês Jean Bernard Foucault, com a sua famosa experiência do pêndulo. Assim, imaginemos que estamos no Pólo Norte e que colocamos um pêndulo a oscilar livremente. Uma vez posto em movimento, descreverá supostamente sempre o mesmo plano de oscilação. De facto, a única força externa que actua no pêndulo é a da gravidade que se exerce na vertical e, por isso, não pode ser responsável por variações na direcção de oscilação. Se fizermos de modo a que o pêndulo, no seu movimento oscilatório, deixe um traço no terreno subjacente, aperceber-nos-emos de que, com o passar do tempo, os sinais traçados pelo pêndulo não se sobrepõem, mas deslocam-se rodando ligeiramente em sentido directo, ou horário (figura 6.4). Essa rotação pode ser devida a dois factores, isto é, ou é o plano de oscilação do pêndulo que roda ou, então, é o terreno subjacente que efectua o movimento de rotação. A primeira hipótese deve ser eliminada, dado que não há forças capazes de agir sobre o pêndulo de modo a modificar o seu plano de oscilação, por isso deve-se aceitar que seja a Terra que está debaixo dele que se move. Isto significa que o nosso planeta está realmente sujeito a um movimento de rotação à volta do seu eixo. Esta experiência foi efectuada por Foucault, em Paris, utilizando um enorme pêndulo constituído por uma esfera de bronze de 30 kg, pendurada num cabo de 67 m de comprimento, cujo ponto de oscilação foi colocado no tecto do Panthéon.

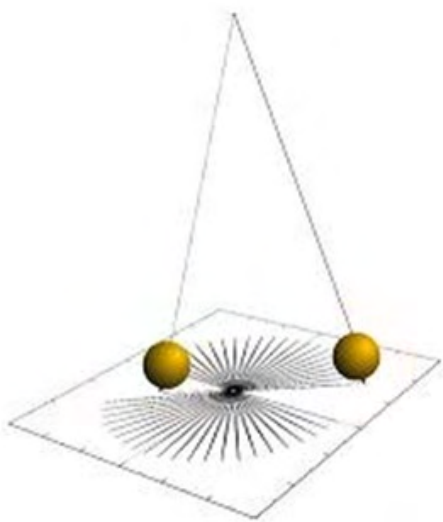


Figura 6.4: Oscilação do Pêndulo de Foucault



Figura 6.5: Pêndulo de Foucault no Panthéon

Embora seja a Terra que roda e não a esfera celeste pode, contudo, ser útil falar ainda de um movimento aparente do Sol e dos astros porque é isto que vê um observador que se encontra na superfície terrestre.

6.4. Dia Solar e Sideral

A medida do tempo em dias baseia-se no movimento de rotação da Terra. De facto, um dia é o intervalo de tempo usado pelo nosso planeta para efectuar uma rotação completa em volta do seu eixo. No entanto, existem duas definições de dia. Se a medição do período de rotação da Terra é feito tomando o Sol como ponto de referência no céu, então determina-se o chamado dia solar. Se, pelo contrário, se considerar como referência uma qualquer estrela, considerada fixa no firmamento, então fala-se de dia sideral. Os dois não têm a mesma duração, ou seja, o dia sideral dura 23 horas, 56 minutos e 4 segundos, enquanto o dia solar dura, em média, 24 horas. A diferença entre dia solar e dia sideral explica-se com o facto de que a Terra, enquanto roda sobre si própria, orbita também na perpendicular em torno do Sol, sendo preciso esperar um pouco mais para que ocorra uma rotação completa.

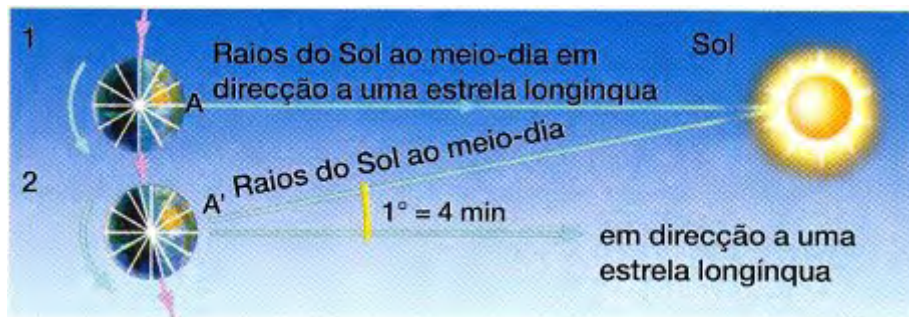


Figura 6.6: Dia solar e sideral

Na realidade, a duração do dia solar é de 24 horas só em média, porque o dia solar é, verdadeiramente, variável. Uma das razões disto consiste no facto da Terra, quando está mais próxima do Sol, percorrer a sua órbita mais velozmente relativamente a quando se encontra mais afastada. Por isso, foi introduzida a convenção de usar como referência padrão para medir o tempo o dia solar médio, que é constante e igual a 24 horas exactas.

Para compreendermos melhor a diferença entre dia sideral e dia solar, vamos considerar duas posições (1 e 2) que a Terra ocupa ao percorrer a sua órbita em torno do Sol, conforme é

ilustrado na figura 6.6. Se A for o lugar na superfície terrestre em que se encontra o observador, chama-se 1 à posição ocupada pela Terra quando se começa a medir o dia tanto em relação ao Sol como em relação à outra estrela de referência. A posição 2 é, pelo contrário, a que o nosso planeta irá ocupar depois de ter realizado uma volta completa sobre si mesmo em relação à estrela. A luz dela, que está muito longe, chegar-nos-á paralelamente em relação à direcção em que nos chegava em 1. Quando a Terra chega a 2 mede-se, então, um dia sideral, porque a Terra efectuou uma volta completa sobre si mesma em relação à estrela longínqua, mas ainda não o fez em relação ao Sol, cuja direcção de observação mudou por efeito do movimento de rotação terrestre. Para que a Terra dê uma volta completa sobre si mesma também em relação ao Sol (dia solar), dever-se-á esperar que ela rode ainda cerca de 1° (o equivalente à deslocação angular diária da Terra, já que ela percorre os 360° em 365 dias), que corresponde sensivelmente a quatro minutos.

6.5. Movimento de Translação

A translação em redor do Sol é o outro movimento fundamental que anima o nosso planeta. A Terra move-se ao longo de uma órbita ligeiramente elíptica, cujo plano é chamado de eclíptica, em referência ao facto de que quando a Lua se encontra próximo dele se verificarem os eclipses. A distância média Terra - Sol é de cerca de 150 milhões de quilómetros, sendo que se convencionou usar este valor como unidade de medida das distâncias no Sistema Solar, como vimos antes. A velocidade média com que a Terra percorre a sua órbita é de cerca de 107 mil km/h. O ângulo do eixo de rotação com o plano da eclíptica é de $63^\circ 33'$ e mantém-se constante durante a órbita.

O movimento de translação e o facto do eixo de rotação terrestre se manter sempre paralelo a si mesmo ao longo da órbita são responsáveis pela alternância das estações. A Terra, ao percorrer a sua órbita elíptica, acaba por se encontrar no ponto mais próximo do Sol (periélio) em Janeiro, e no ponto mais afastado (afélio) em Julho. Neste contexto, não é a variação da distância Terra - Sol que causa a alternância das estações, como ainda hoje há quem erradamente pense, mas sim a inclinação diferente com que os raios solares incidem no solo e a diferente condição de iluminação do hemisfério em que o observador se encontra, dependendo da época do ano.

O Verão ocorre quando o Sol a uma determinada hora, por exemplo, ao meio-dia, atinge a altura máxima sobre o horizonte do lugar. Isto significa que é mais amplo o arco que o Sol descreve acima do horizonte no seu movimento diurno e, por isso, é maior a duração do dia. Ao invés, o Inverno é a época do ano em que o Sol está mais baixo no horizonte, os raios solares atingem o

solo mais obliquamente e o dia é mais breve. Assim, conforme é possível constatar na figura 6.8, podemos então afirmar que no solstício de Verão, ao meio-dia, no hemisfério norte (a 21 de Junho), os raios solares incidem perpendicularmente nos pontos situados sobre o Trópico de Câncer, ao passo que no hemisfério sul (22 de Dezembro) este fenómeno ocorre nos lugares situados no Trópico de Capricórnio.

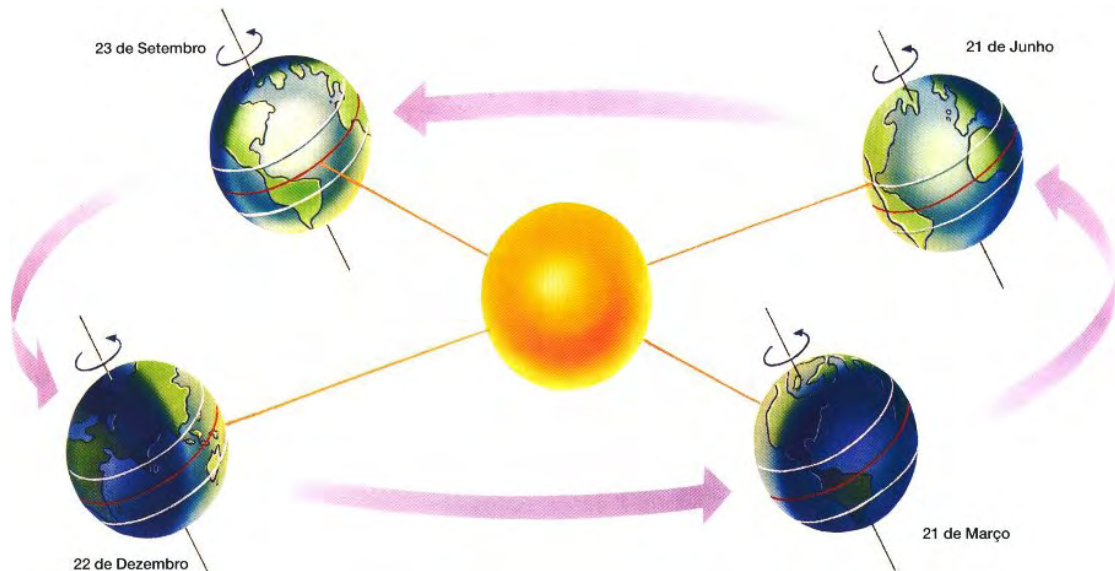


Figura 6.7: Movimento de translação da Terra

O plano da eclíptica intersecta o plano do equador celeste (que é a projecção do equador terrestre na esfera celeste), formando com ele um ângulo com o valor de $23^{\circ}27'$. A intersecção destes dois planos determina os dois pontos equinociais. O primeiro é o da Primavera, também chamado nó ascendente, ponto gama ou ainda Ponto Vernal, como já vimos atrás, ao passo que o segundo é o do Outono ou nó descendente. Como foi mencionado anteriormente, o ponto gama é uma referência muito importante na esfera celeste pois é a partir dele que se começa a contar a ascensão recta, ou seja, a coordenada celeste análoga à longitude terrestre e que, juntamente com a altura (o análogo de latitude), permite identificar os objectos no céu com grande precisão.

No hemisfério norte, o equinócio da Primavera corresponde à posição que a nosso planeta ocupa, no decurso do seu movimento orbital em torno do Sol, no dia 21 de Março, ao passo que o equinócio do Outono ocorre no dia 23 de Setembro. No hemisfério sul passa-se a situação oposta. Nessas datas a radiação solar incide no zénite da linha do Equador. Nos dias dos equinócios e exclusivamente nestes, a duração do dia é igual à da noite em todos os lugares da superfície terrestre, ou seja, 12 horas de luz e 12 horas de escuridão. Além disso, só nestes dias do ano o Sol

ilumina simultaneamente, embora de maneira tangencial ao horizonte, o Pólo Norte e o Pólo Sul terrestres.

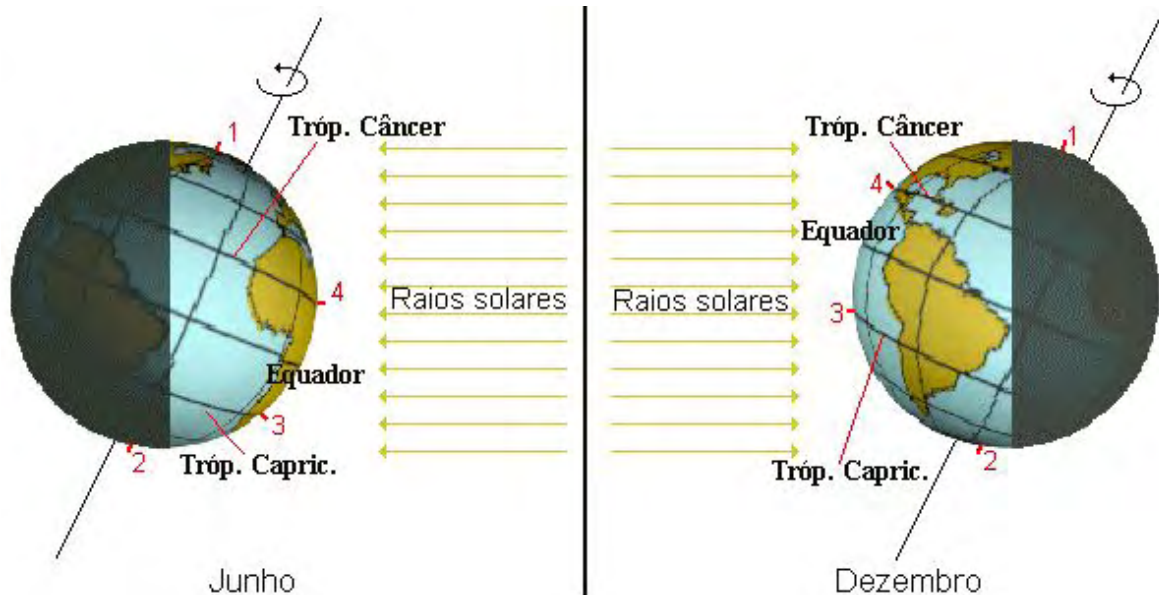


Figura 6.8: Inclinação dos raios solares à superfície da Terra

6.6. Ano Solar e Sideral

O tempo gasto pelo nosso planeta para percorrer uma órbita completa chama-se ano e dura cerca de 365 dias. O ano, tal como o dia, pode ter duas definições diferentes segundo o ponto de referência no céu que se utilize para o medir.

Para medir o ano, considera-se o tempo que a nossa estrela emprega, no curso do seu movimento de revolução aparente, para se posicionar duas vezes seguidas em conjunção com um astro ou outro ponto de referência na esfera celeste. Fala-se de conjunção quando a Terra, o Sol e um terceiro corpo celeste se encontram todos alinhados. Então, se considerarmos como referência uma estrela distante, teremos medido o ano sideral, que tem 365 dias, 6 horas, 9 minutos e 10 segundos, ou seja, 365,2564 dias solares médios. De facto, este é o tempo que efectivamente a Terra gasta para completar uma órbita completa em torno do Sol.

O ano solar (ou trópico), pelo contrário, define-se como o intervalo de tempo que o Sol emprega para voltar a estar em conjunção com o ponto equinocial da Primavera, ou seja, é o período de tempo decorrido para completar um ciclo de estações. O ano medido deste modo tem uma duração de 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 46 segundos, isto é, aproximadamente 365,2422

dias solares médios. O motivo desta diferença entre o ano solar e o ano sideral encontra-se no facto da Terra, como vimos atrás, ser igual a um pião que oscila com um movimento de precessão, que demora 25800 anos a completar-se. Este excesso de quase seis horas do ano solar em relação ao ano civil é recuperado de quatro em quatro anos com o acréscimo de um dia no mês de Fevereiro falando-se, neste caso, de ano bissexto.

De facto, se o calendário se limitasse a considerar anos de 365 dias, perderia a sincronização com as estações passados poucos séculos. Por exemplo, o Natal acabaria por se celebrar em pleno Verão no hemisfério norte. Por sugestão de Cleópatra e do seu astrónomo da corte, Sosígenes, Júlio César introduziu no ano 45 a.C., um calendário em que se introduzia um dia a cada 4 anos. Este salto quadrianual funcionaria na perfeição se a Terra demorasse 365,25 dias solares médios a dar uma volta ao Sol. Contudo, o ano verdadeiro tem 11 minutos e 14 segundos menos. Isto levou a que o erro acumulado no calendário juliano ascendesse já a 10 dias no século XVI. Para corrigi-lo, o papa Gregório XIII definiu em 1582 a regra que governa os anos bissextos. Os anos de final de século, os que terminam em 00, só seriam bissextos se pudessem dividir-se por 400. Assim, 1700, 1800 e 1900 não foram bissextos ao contrário de 1600 e 2000, que o foram.

Actualmente o calendário gregoriano é utilizado na maior parte dos países do mundo e em todos os países ocidentais. Um dado curioso tem a ver com o facto de se terem omitido 10 dias, de 5 a 14 de Outubro de 1582, aquando da implementação deste calendário. Dado que pela medida da duração das estações se faz referência ao Sol, é o ano solar que interessa para os fins da compilação dos calendários.

6.7. Fases da Lua

Desde sempre a Lua exerceu um fascínio misterioso e os seus ciclos ainda hoje têm uma importância fundamental para a nossa vida. Com um diâmetro de 3476 km, igual a um quarto do terrestre, além de ser o corpo celeste mais próximo, a Lua é o único satélite natural da Terra, tão próximo de nós que é facilmente observável, mesmo em pormenor, com uns simples binóculos panorâmicos.

Noite após noite a Lua mostra uma mudança de aspecto que, sem dúvida, constitui o seu factor mais evidente. Por vezes, aparece-nos como uma foice muito delgada, outras vezes redonda, completamente iluminada pelo Sol. As fases lunares são causadas pela mudança contínua das posições recíprocas da Lua, da Terra e do Sol, produzida pelo seu movimento de translação em

torno da Terra. Dito de outra forma, a fase da Lua corresponde a porção da sua face iluminada que é avistada pelo observador na Terra, daí poder tomar diversas formas.

Assim, a Lua apresenta-se invisível (Lua Nova) quando se interpõe entre o Sol e a Terra porque nos mostra o seu lado escuro. Se, pelo contrário, se encontra do lado oposto do Sol, a sua face reflectida brilha no hemisfério nocturno da Terra e tem-se a Lua Cheia. Mas, se o ângulo formado entre os três corpos celestes for de 90°, do nosso planeta observaremos apenas metade do disco lunar iluminado (Quarto Crescente e Quarto Minguante). Nas posições intermédias é visível uma foice mais ou menos fina, tal como é apresentado na figura 6.9.

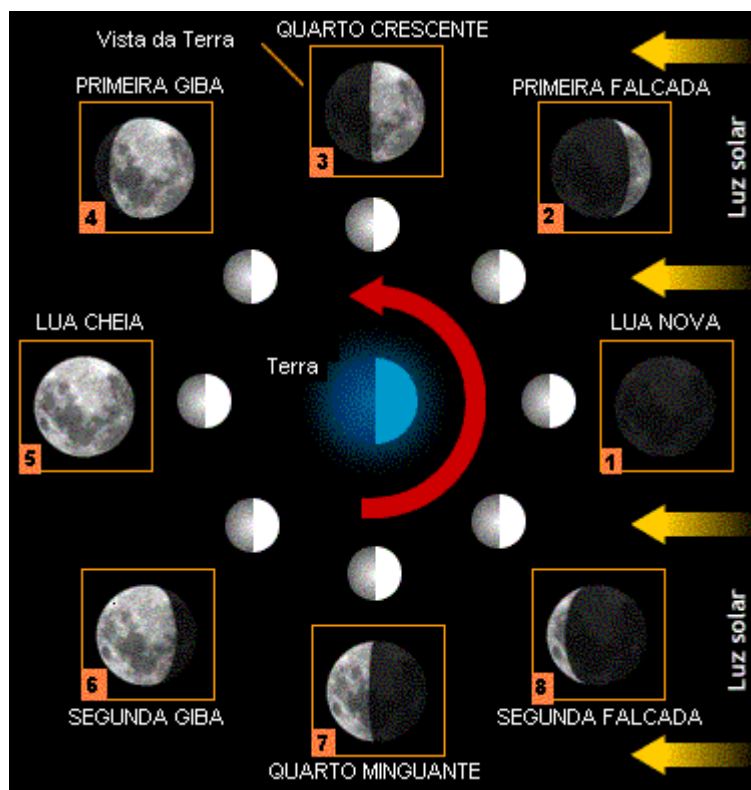


Figura 6.9: Fases da Lua

O ciclo inicia-se na fase de Lua Nova. Nos dias seguintes, ela vai crescendo, atingindo a fase de Lua Cheia cerca de duas semanas depois, começando então a diminuir. Refere-se o termo lunação para definir um ciclo lunar completo e correspondente ao espaço de tempo entre duas Luas Novas consecutivas. Além disso, ainda devido ao seu movimento de translação à volta da Terra, que se efectua em sentido retrógrado ou anti-horário, a Lua, observada do mesmo ponto e à mesma hora em dias seguidos, aparece deslocada para oriente em relação ao pano de fundo das estrelas, nascendo e pondo-se em média cada dia 50 minutos depois do anterior. Na gíria popular é habitual

chamar a Lua de «mentirosa» devido ao facto do disco lunar apresentar a forma de um D na fase de quarto crescente e de um C no quarto decrescente, sendo este fenómeno evidente no nosso hemisfério em latitudes superiores ao Trópico de Câncer. Como no hemisfério sul a observação é invertida, é observado de forma notória o fenómeno oposto abaixo do Trópico de Capricórnio. Nas regiões próximas do equador o disco lunar tem, aproximadamente, a forma de um U na fase de quarto crescente e a de um U invertido no quarto decrescente¹.

6.8. Mês Sideral e Sinódico

Enquanto a Lua gira em torno da Terra, o nosso planeta também se move à volta do Sol. Calculado em relação às estrelas, que podemos considerar fixas, o período de translação lunar dura 27 dias, 7 horas, 43 minutos e 11 segundos, sendo designado por mês sideral. No entanto, o tempo que a Lua emprega para voltar à mesma face é diferente porque também se deve ter em conta o movimento da Terra em torno da nossa estrela. O intervalo de tempo entre duas fases iguais da Lua, chamado de mês sinódico, é de 29 dias, 12 horas e 44 minutos.

Uma característica curiosa do movimento da Lua, que faz com que ela nos mostre sempre a mesma face, é o facto de o seu período de translação ser igual ao de revolução sideral. Isto deve-se à presença da Terra que, com a sua força gravitacional, foi abrandando, ao longo dos tempos, a velocidade de rotação lunar, originariamente mais rápida. Por conseguinte, um dos hemisférios lunares é inacessível à observação a partir da Terra, que só foi visto pela primeira vez em finais dos anos 50 do século XX, quando as sondas espaciais enviaram fotografias dele. No entanto, pode-se ver directamente mais de 50% da Lua, por causa das oscilações aparentes do disco lunar conhecidas como librações e descobertas por Galileu, que lhes chamou «titubeações». Globalmente, tendo em conta as librações, da Terra é visível, embora em momentos diferentes, cerca de 59% da superfície lunar.

6.9. Eclipses do Sol e da Lua

Quando o Sol, a Lua e a Terra se encontram perfeitamente alinhados no espaço acontecem os chamados eclipses. Há eclipses de dois tipos: os do Sol, que acontecem quando a Lua se interpõe entre o Sol e a Terra, escondendo a visão da nossa estrela; os eclipses da Lua, pelo

¹ Informação adicional em http://www.astro.iag.usp.br/~foton/relea/num4/A1_n4.pdf

contrário, ocorrem quando a Terra se encontra entre o Sol e a Lua e a sombra do nosso planeta escurece o nosso satélite natural. Se os planos das órbitas lunar e terrestre coincidissem haveria um eclipse mais ou menos de duas em duas semanas, isto é, dois eclipses por cada mês sinódico. Contudo, eles estão inclinados entre si cerca de 5° , intersectando-se ao longo de uma linha designada por Linha Nodal ou Linha dos Nodos (figura 6.10). Os Nodos são precisamente os dois pontos em que a órbita lunar intersecta o plano da eclíptica. Assim, não é suficiente que o nosso satélite se encontre na fase certa para que ocorra um eclipse, pois também é necessário que isso aconteça quando ele está nas proximidades de um dos Nodos. Só neste caso e quando é Lua Cheia se pode verificar um eclipse da Lua, ao passo que o eclipse do Sol ocorre quando é Lua Nova.

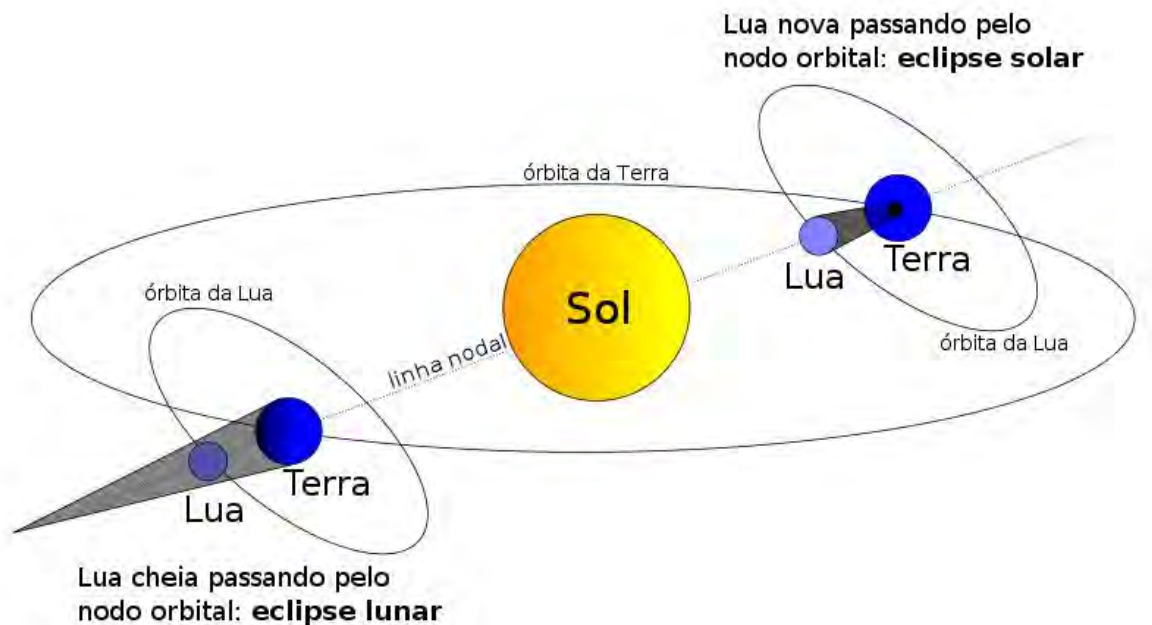


Figura 6.10: Condições para a ocorrência de eclipses

O eclipse do Sol pode ser total, parcial, ou anular (figura 6.11). Fala-se de eclipse total quando o disco solar é completamente encoberto pela Lua. Contudo, a região em que o eclipse é observado como total é muito limitada uma vez que a sombra lunar «varre» a superfície terrestre desenhando uma faixa de largura máxima de cerca de 200 km e que, portanto, representa a zona em que o eclipse é visível como total. À volta desta zona existe uma outra mais ampla na qual o eclipse é visível como parcial. A umbra da Lua avança para leste a uma velocidade de 1700 km/h, até não interceptar mais a Terra. A duração máxima da fase de totalidade é de cerca de 8 minutos.

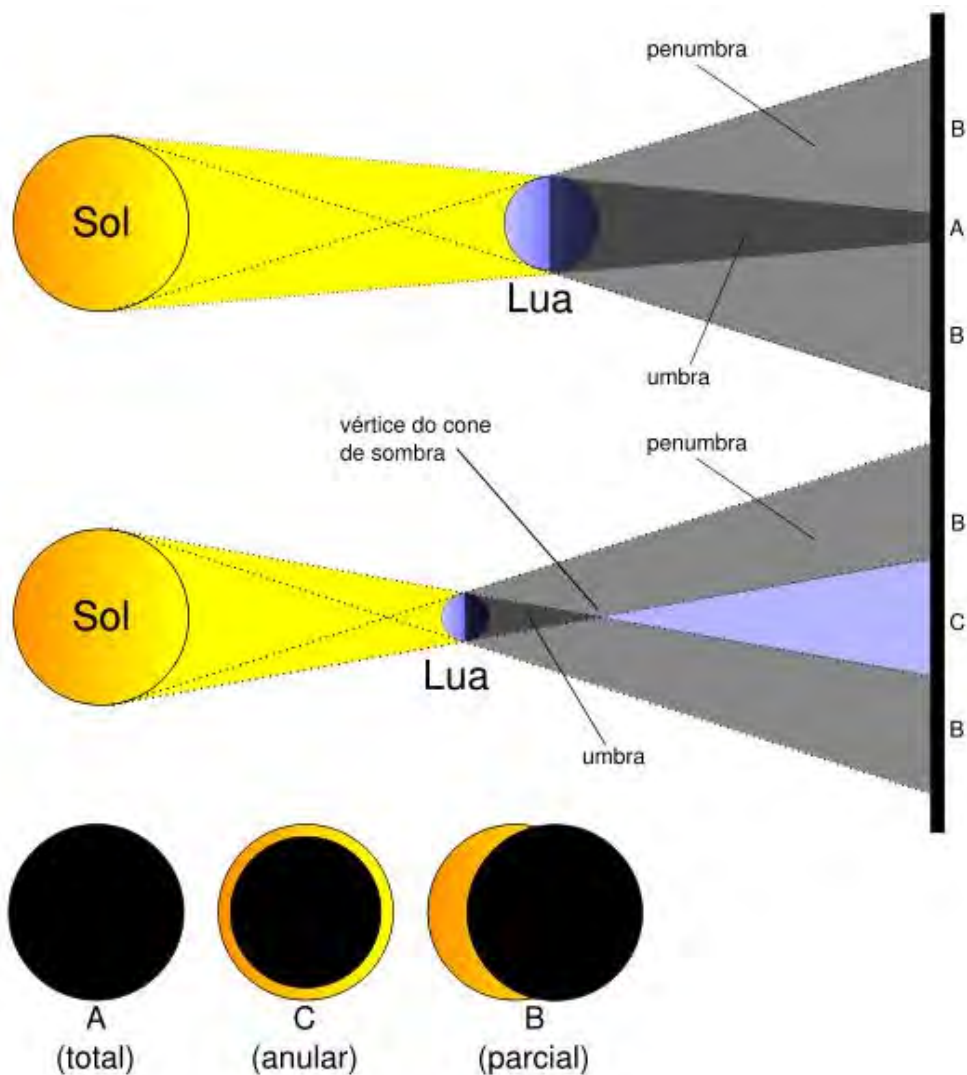


Figura 6.11: Eclipse solar

Os eclipses anulares ocorrem quando o disco lunar não cobre totalmente o Sol, deixando visível a parte externa em forma de anel. Isto depende do facto da distância entre a Terra e a Lua variar porque a órbita lunar é muito elíptica. Quando o nosso planeta está mais próximo parece maior e quando está mais afastado ela mostra-se mais pequena. Se o eclipse se verificar neste segundo caso, o diâmetro aparente do disco lunar será insuficiente para tapar todo o Sol.

Os eclipses da Lua, que podem ser totais ou parciais, são mais facilmente observáveis, sendo visíveis a partir de metade da superfície terrestre, isto é, de todo o hemisfério não iluminado pelo Sol. Duram algumas horas entre a fase de umbra (zona mais escura da sombra) e a de penumbra (região de transição entre a luz e a umbra) porque a Lua demora muito a atravessar o amplo cone de sombra da Terra. Este fenómeno encontra-se ilustrado na figura 6.12.

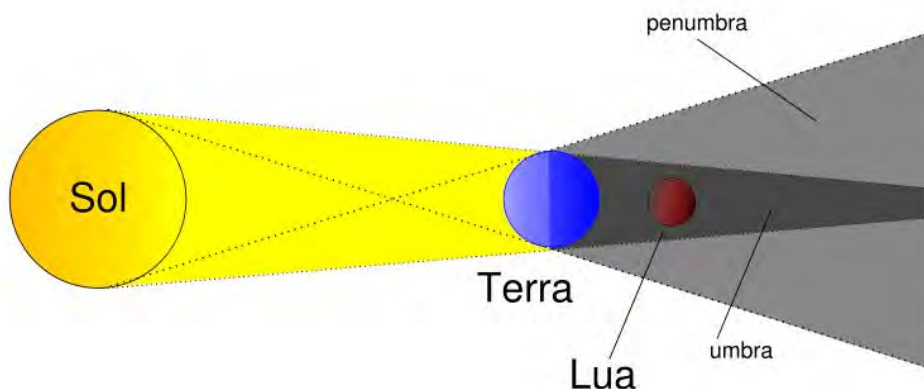


Figura 6.12: Eclipse lunar

A sucessão dos eclipses segue um ciclo bem definido. Já na antiguidade se sabia que esse ciclo, denominado Ciclo de Saros, dura 6585,3 dias, um período de tempo correspondente a 18 anos, 11 dias e 8 horas (compreendendo quatro anos bissextos). Depois desse período, os eclipses repetem-se quase exactamente nas suas fases sucessivas e com as mesmas características.

6.10. As Marés

Quem habita junto ao mar conhece as marés provocadas pela Lua, consequência da atracção gravitacional que exerce sobre o nosso planeta. As marés são movimentos repetitivos dos mares e dos oceanos. Assim, o nível da água eleva-se (maré alta ou preia-mar) e baixa (maré baixa ou baixa-mar) periodicamente e de modo previsível. Também a atracção exercida pelo Sol sobre a Terra contribui para provocar efeitos de maré, menores que os da Lua, que está muitíssimo mais perto.

Imaginando a Terra como um corpo sólido circundado completamente pelas águas de um imenso oceano, o efeito das marés manifesta-se com a formação de duas subidas de águas. Uma ocorre na face que a Terra volta para a Lua, enquanto a outra exactamente do lado oposto. Em correspondência com cada uma destas enchentes há uma maré alta. A subida das águas da parte da Terra mais próxima da Lua compreende-se facilmente porque aqui é mais intensa a atracção gravitacional da Lua. Contudo, geralmente não é tão intuitivo perceber porque é que também há uma maré alta no lado oposto do nosso planeta.

A explicação está no facto dos dois corpos, a Terra e a Lua, orbitarem em torno de um baricentro ou centro de gravidade comum, que está fixo no espaço e que, pela preponderância da massa da Terra, se encontra cerca de 1700 km abaixo da superfície terrestre. Por causa disto, tanto

a Terra como a Lua estão sujeitas a uma força centrífuga que tende a afastá-las, uma da outra, mas que, de algum modo, é compensada pela atracção gravitacional. No entanto, o equilíbrio não é exacto pois a parte do oceano que se encontra na face terrestre voltada para a Lua sofre uma atracção maior, enquanto a oposta, mais afastada, sente uma força gravitacional menor. Por isso, esta segunda face tende a afastar-se um pouco mais da Terra por efeito da força centrífuga, daí que o resultado global seja haver duas marés altas equivalentes nas duas faces opostas do nosso planeta. De facto, se a Lua rodasse em torno do centro da Terra, a parte da água mais próxima da Lua seria mais atraída do que a do lado oposto e, como a água pode fluir, elevar-se-ia na parte mais próxima da Lua. Devido à rotação da Terra, haveria diariamente uma só maré cheia e com resultados devastadores.

O Sol também é responsável por uma atracção gravitacional sobre a Terra, cerca de 175 vezes maior que a da Lua exerce sobre o nosso planeta. No entanto, como a Lua se encontra muito mais próximo, a variação da intensidade da atracção exercida por ela entre dois pontos diametralmente opostos e, consequentemente, a intensidade da força de maré é muito maior do que a produzida pelo Sol, o que se pode comprovar sem dificuldade através da Lei da Atracção Universal. Como consequência desta situação, se não existisse a Lua, as marés teriam uma intensidade muito menor pois a água tenderia a ter uma distribuição mais uniforme no globo.

As forças geradoras de maré produzem então marés altas nos pontos em conjunção com a Lua. Como a Terra dá uma volta completa em torno do seu eixo em 24 horas, cada um desses pontos fica assim sujeito a duas marés altas e duas marés baixas. Atendendo a que a Lua nasce 50 minutos mais tarde em cada dia, o intervalo entre duas marés altas (ou entre duas marés baixas) é de 12 horas e 25 minutos.

A amplitude das marés ao longo do mês também depende também da posição do Sol e da Lua em relação à Terra. Assim, quando os três astros estão alinhados, nas fases de Lua Nova e Lua Cheia, há um reforço dos efeitos atractivos sobre a água do mar e ocorrem as marés vivas. Nas fases de quadratura, os efeitos atractivos do Sol não contribuem na mesma direcção que os da Lua e as marés não são muito elevadas, ocorrendo as chamadas marés mortas.

Os efeitos de maré não são exclusivos do sistema Terra - Lua, sendo os seus efeitos visíveis por todo o Universo. Júpiter, por exemplo, devido à sua grande massa, exerce marés tão intensas no seu satélite Io que o aquece imenso, tornando-o geologicamente instável e produzindo nele a mais forte actividade vulcânica existente no Sistema Solar.

6.11. Peso e Força Gravítica

Muitas vezes diz-se que o peso e a força gravítica são uma e a mesma força, mas tal não é absolutamente rigoroso.

Assim, a força de atracção gravítica que a Terra exerce sobre um corpo de massa m tem uma intensidade dada pela Lei da Atracção Universal, ou seja,

$$F = G \frac{Mm}{d^2},$$

em que M representa a massa da Terra e d a distância entre o centro de massa do corpo e o centro de massa da Terra. Se o corpo estiver ligado à Terra, por exemplo, suspenso por meio de um fio de um dinamómetro, terá uma velocidade de rotação igual à da Terra, descrevendo uma órbita circular de raio r . Para que isso aconteça é necessário que ao corpo esteja aplicada uma força centrípeta \vec{F}_c que aponta para o centro do paralelo do lugar (figura 6.13). Sabendo que velocidade linear do corpo se relaciona com a sua velocidade de rotação através da equação $v = \omega r$, então a intensidade dessa força é

$$F_c = ma_c \Leftrightarrow F_c = m \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow F_c = m\omega^2 r,$$

em que ω é a velocidade angular da terra e r é o raio do paralelo do lugar.

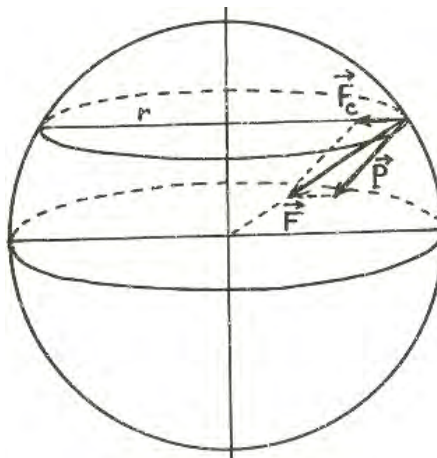


Figura 6.13: O peso e a força gravítica em geral não são iguais

A soma da força gravítica, \vec{F} , com a força centrípeta, \vec{F}_c , é igual ao peso, \vec{P} , cuja direcção é dada pela direcção do fio que sustenta o corpo. Logo a direcção do peso não passa necessariamente pelo centro da Terra, sendo esta direcção conhecida por vertical geográfica. A direcção de \vec{F} passa pelo centro da Terra e, neste caso, esta direcção é conhecida por vertical geocêntrica. As direcções destas duas forças, \vec{P} e \vec{F} são quase coincidentes, pois a intensidade da força \vec{F}_c é muito pequena comparada com a intensidade da força gravítica. A intensidade máxima daquela força (no equador) é cerca de 0,3% da intensidade da força gravítica. Como nos pólos a intensidade de \vec{F}_c é nula, então podemos concluir que apenas nestes pontos do globo é que o peso coincide com a força gravítica.

O peso de um corpo determina a aceleração com que esse corpo cai para a Terra. Assim, tem-se que

$$\vec{P} = m\vec{g},$$

sendo m a massa do corpo e \vec{g} a aceleração da gravidade local. A aceleração da gravidade varia ligeiramente de ponto para ponto da superfície da Terra devido a várias causas.

Uma dessas causas tem origem no facto da Terra não ser perfeitamente esférica. A sua forma é próxima à de um elipsóide de revolução, ligeiramente aplanado nos pólos e bojudo no equador, sendo esta forma resultante das forças centrífugas originadas pelo seu movimento de rotação. Consequentemente o valor da aceleração da gravidade varia com a latitude sendo menor no equador do que nos pólos pois nestes a distância ao centro de massa da Terra é menor do que no equador. Na variação de g com a latitude intervém principalmente o efeito devido à rotação da Terra, a que já nos referimos: este efeito é nulo nos pólos e tem o seu valor máximo no equador.

A aceleração da gravidade varia também com a altitude do lugar, isto é, com a distância ao centro de massa da Terra. Por outro lado, o valor de g varia ainda devido ao facto da Terra não ser homogénea. Assim, a densidade das rochas do subsolo e a proximidade de montanhas contribui para determinar o valor local da aceleração da gravidade. Se numa dada região as rochas são pouco densas, por exemplo se há jazigos de petróleo, o valor de g é inferior ao valor que teria se nesse ponto existissem rochas muito densas. O estudo da variação de g através da elaboração de cartas gravimétricas constitui um método de grande importância na prospecção geofísica de jazigos minerais.

No entanto, e porque as variações de g são relativamente pequenas em toda a Terra, o valor da aceleração da gravidade ao nível das águas do mar pode ser considerado, sem grande erro, igual a $9,81 \text{ m/s}^2$.

Dada a confusão que, geralmente, causa nos alunos deste nível de ensino mas não só, devido às ideias pré-concebidas do quotidiano, convém ainda frisar bem a distinção entre duas grandezas físicas distintas, a massa e o peso. A massa, grandeza escalar, está associada à quantidade de matéria existente num dado corpo, sendo o seu valor invariável independentemente do lugar do Universo onde o corpo em questão se encontre. Já o peso de um determinado corpo é uma grandeza física vectorial, ou seja, é uma força que, para além do seu valor ou intensidade que tem associado, caracteriza-se também por uma direcção, sentido e ponto de aplicação. Como vimos o valor do peso depende do lugar, quer se trate da Terra ou de qualquer outro ponto do Universo.

6.12. Actividades Práticas

São diversas as actividades práticas que se podem realizar de modo a desenvolver as competências previstas na unidade temática *Planeta Terra*. Tal como foi feito aquando do tratamento das unidades anteriores vamos, uma vez mais, privilegiar actividades interactivas computacionais utilizando aplicações gratuitas disponíveis na Internet.

Neste contexto, achamos que um dos assuntos cuja explicação é mais enriquecida utilizando este género de recurso é, sem dúvida, a questão relativa aos movimentos periódicos da Terra e às suas consequências. Existem imensos simuladores gratuitos sobre este assunto na Internet, contudo destacamos um que se encontra disponível para utilização no endereço http://web.educam.pt/escolovar/mundo_movimentos_da_terra.swf¹, essencialmente devido à sua clareza e por se encontrar em português (figura 6.14). Através do seu uso é possível comprovar, não apenas o significado dos movimentos periódicos principais, como também a variação da inclinação dos raios solares ao longo do ano, tendo em conta o local. Deste modo, torna-se fácil compreender a evolução da duração dos dias e das noites e da temperatura à superfície da Terra durante as diferentes estações do ano.

Através do Stellarium é ainda possível simular a visualização a partir da Terra de fenómenos como as fases da Lua ou os eclipses, tendo em conta o lugar e a data/hora em que é feita a observação. Por exemplo, configurando o programa para o dia 22 de Julho de 2009, e

¹ Endereço disponível em Maio de 2009.

alterando as suas coordenadas geográficas para um lugar situado na Ásia, é possível prever o eclipse do Sol que irá ocorrer nesta data, considerado o maior do século XXI.



Figura 6.14: Simulador dos movimentos da Terra

7. Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos neste trabalho verificámos que ainda há a percorrer um longo caminho tendo em vista a adequada preparação dos docentes que estão envolvidos no ensino de conceitos de Astronomia, no âmbito do 7.º ano de CFQ.

De facto, verificámos que existe um número significativo de professores envolvido na leccionação dos conteúdos em questão que não teve uma formação específica em Astronomia durante os seus estudos superiores e, mesmo posteriormente, apenas uma parte frequentou acções de formação contínua nesta área. A análise dos resultados do teste científico englobado no questionário veio confirmar o que já se esperava, ou seja, efectivamente nas perguntas de maior complexidade o número de falhas foi significativo. Isto aconteceu sobretudo nas questões que tinham implícito um maior grau de abstracção, ou então um grau de aprofundamento superior aquele que aparece nos manuais escolares, que se confirmaram como um recurso usado pela generalidade dos inquiridos.

Assim, sendo os manuais um dos instrumentos de apoio mais usados pelos docentes, não apenas a nível pedagógico como inclusivamente científico, importou saber qual a ênfase que eles dão aos aspectos da matéria onde os próprios docentes revelaram dificuldades, bem como efectuar um levantamento do tipo de actividades práticas que geralmente são propostas. Neste contexto, após ser feita uma análise à abordagem feita por um conjunto de manuais habitualmente adoptados nas escolas, constatou-se que eles não fomentam o suficiente a observação astronómica, negligenciando de um modo geral o uso de software interactivo como uma ferramenta útil na compreensão de certos conceitos. Verificou-se assim a existência de uma relação entre os assuntos abordados mais superficialmente nos manuais e as limitações apresentadas pelos docentes.

Tendo por base os resultados anteriores, procedeu-se a uma discussão mais aprofundada dos tópicos da matéria leccionados a este nível, dando maior relevo aos pontos onde se verificou a existência de dificuldades, de modo a possibilitar uma melhor preparação científica do docente. Foi ainda dada ênfase à execução de algumas actividades interactivas, por exemplo recorrendo ao planetário virtual Stellarium. A preferência dada à utilização de software deveu-se ao facto dos manuais já terem uma certa atenção com as actividades interactivas usando modelos físicos, mas negligenciarem os modelos computacionais. Apesar dos docentes, de uma forma geral, terem assumido não terem experiência ao nível da utilização deste género de programas, mostraram estar conscientes da sua utilidade pedagógica.

Neste sentido, mesmo considerando apenas os assuntos afins ao tema *Terra no Espaço*, os conteúdos de Astronomia envolvidos apresentam-se como sendo muito vastos, de modo que seria de todo impossível dissecá-los em pormenor neste trabalho e apresentar uma maior diversidade de materiais interactivos sem tornar o trabalho demasiado extenso. Assim, optámos sobretudo por esbater as dúvidas de carácter científico através de uma série de textos claros e contextualizados com as unidades didácticas envolvidas abrindo, de igual modo, as portas à divulgação de ferramentas como o Stellarium. Deste modo, estes recursos pedagógicos poderão ser explorados especificamente em futuros trabalhos de investigação. Fica também lançada a possibilidade para o aprofundamento de matérias relacionadas com o tema que não o tenham sido desenvolvidas aqui, devendo ainda ser referida a pertinência relativa à realização de acções de formação especializada nesta área devido às lacunas existentes. Seria, igualmente, interessante efectuar um estudo deste género, também relativamente ao tema *Terra no Espaço*, mas do ponto de vista das Ciências da Natureza.

Eventualmente, a realização de um cruzamento de dados mais intensivo do que aquele que foi efectuado neste trabalho e/ou privilegiar questões de forma aberta, poderia resultar na obtenção de outro tipo de informação. Contudo, uma vez que o estudo foi levado a cabo num leque alargado de escolas, implicando a análise de um número bem razoável de questionários, os resultados aqui obtidos apresentam uma certa fiabilidade em relação ao universo considerado e mesmo ao nível do país, traduzindo assim carências que naturalmente têm implicações no sucesso educativo e no próprio sistema de ensino.

Bibliografia

Durante a realização deste trabalho foram consultados os livros e documentos a seguir indicados, que poderão servir para uma leitura complementar acerca dos assuntos em questão.

- Anderson, G. (1998). *Fundamentals of Educational Research* (2nd ed.). London: The Falmer Press Teachers Library.
- Almeida, G. d. (2004). *Roteiro do Céu* (4.ª ed.). Lisboa: Plátano Editora.
- Almeida, J. F. (1994). *Introdução à Sociologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Bell, J. (2004). *Como Realizar um Projecto de Investigação*. Lisboa: Gradiva.
- Burnham, R., Dyer, A., & Kanipe, J. (2001). *Astronomy the Definitive Guide*. Sidney: Weldon Owen Pty. Limited.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Cavaleiro, M. N. G. C., & Beleza, M. D. (2006). *FQ 7 - Terra no Espaço, Terra em Transformação*. Porto: Edições ASA.
- Coutinho, C. (2005). *Percursos da Investigação em Tecnologias Educativas em Portugal*. Universidade do Minho, Braga.
- Coutinho, C. (2008). *Inquérito por Questionário*. Universidade do Minho, Braga.
- Cruz, A. C., & Nunes, N. (2006). *Ação (Re)ação 7 - Ciências Físico-Químicas - 7.º ano*. Porto: Areal Editores.
- Dantas, M. d. C., & Ramalho, M. D. (2006). *Terra Mãe - Terra no Espaço / Terra em Transformação - Ciências Físico Químicas - 7.º ano*: Texto Editores LDA.
- Ferreira, M., & Almeida, G. d. (2004). *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas* (7.ª ed.). Lisboa: Plátano Editora.
- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil, V., Paiva, J., Morais, C., & Costa, S. (2006). *7 CFQ - Terra no Espaço / Terra em Transformação*. Lisboa: Texto Editores, LDA.
- Galvão, C., Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A. M. S., Santos, M. d. C., Vilela, M. d. C., et al. (2001). *Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Ghiglione, R., & Matalon, B. (2001). *O Inquérito: Teoria e Prática* (4.ª ed.). Oeiras: Celta Editora.

- Hoz, A. (1985). *Investigacion Educativa*. Madrid: Ediciones Anaya, S.A.
- Lago, T. (2006). *Descobrir o Universo*. Porto: Gradiva.
- Levy, D. H. (1998). *Skywatching*. Singapore: Weldon Owen Pty Limited.
- Maciel, N., Miranda, A., Ruas, F., & Marques, M. d. C. (2006). *Eu e o Planeta Azul - Terra no Espaço - Ciências Físico-Químicas - 7.º ano*. Porto: Porto Editora.
- Magalhães, J. (2007). *Elementos de Química A (10.º ano)*. Carnaxide: Santillana-Constância.
- Oliveira, P. C. M. S. (2005). *A Área de Projecto e o Ensino da Astronomia*. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Paiva, J., Ferreira, A. J., Ventura, G., Fiolhais, M., & Fiolhais, C. (2007). *10 Q - Física e Química A - Química - Bloco 1 - 10.º/11.º ano*. Lisboa: Texto Editores, LDA.
- Pardal, L., & Correia, E. (1995). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.
- Pires, I., & Ribeiro, S. (2006). *Universo da Matéria de Ciências Físico-Químicas*. Carnaxide: Santillana-Constância.
- Quaresma, P. C. d. M. (2007). *Concepção e exploração de uma webquest para a introdução ao ensino da física*. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais (2.ª ed.)*. Lisboa: Gradiva.
- Rebelo, A. A., & Rebelo, F. (2006). *Terra.lab - Terra no Espaço / Terra em Transformação - Ciências Físico-Químicas - 7.º ano*. Lisboa: Lisboa Editora.
- Rodrigues, M. M. R. D., & Dias, F. M. L. (2006). *Física e Química na Nossa Vida - Ciências Físico-Químicas - 7.º Ano - Terra no Espaço / Terra em Transformação*. Porto: Porto Editora.
- Roque, A. (2006). *H2O - Terra no Espaço / Terra em Transformação - Ciências Físico-Químicas 7.º ano*. Lisboa: Texto Editores, LDA.
- Sagan, C. (1984). *Cosmos*. Lisboa: Gradiva.
- Tuckman, B. W. (2000). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Webgrafia

Os endereços da Internet que se seguem foram, igualmente, usados como referências durante a elaboração da parte científica desta dissertação (hiperligações activas em Maio de 2009).

- <http://astro.if.ufrgs.br/> (Astronomia e Astrofísica)
- <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/> (AstroSoft)
- <http://www.ccvalg.pt/astronomia/> (Núcleo de Astronomia do CCV do Algarve)
- <http://www.cosmobrain.com.br/> (Portal de Astronomia)
- <http://www.portaldoastronomo.org/> (Portal do Astrónomo)
- <http://www.solarviews.com/portug/homepage.htm> (Vistas do Sistema Solar)
- <http://www.zenite.nu/> (Astronomia no Zénite)
- http://www1.ci.uc.pt/iguc/did_planets.htm (Ciência Planetária)

Fontes de Imagens

Capítulo 4

Figura 4.1

Fonte: http://cse.ssl.berkeley.edu/bmendez/ay10/2002/notes/pics/bt2lf1922_a.jpg

Figura 4.2

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Redshift_blueshift.svg

Figura 4.3

Fonte: <http://www.astronomia.web.st/picture/upload/image/artigos/2006-10.jpg>

Figura 4.4

Fonte: <http://www.uai.com.br/UAI/noticias/fotos/20090404141536479.jpg>

Figura 4.5

Fonte: <http://bitaites.org/wp-content/uploads/photos/2008/dez/21/03.jpg>

Figura 4.6

Fonte: <http://vocalentreamigos.files.wordpress.com/2007/10/galaxiadosombrero.jpg>

Figura 4.7

Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/galax/lmc_whw.jpg

Figura 4.8

Fonte: Magalhães, J. (2007). *Elementos de Química A (10.º ano)*. Carnaxide: Santillana-Constância.

Figura 4.9

Fonte: Magalhães, J. (2007). *Elementos de Química A (10.º ano)*. Carnaxide: Santillana-Constância.

Figura 4.10

Fonte: http://www.ciencia-cultura.com/Astronomia/avan%C3%A7ado00/Via_Lactea_01.jpg

Figura 4.11

Fonte: <http://ipt.olhares.com/data/big/161/1619000.jpg>

Figura 4.12

Fonte: <http://www.astroyciencia.com/wp-content/uploads/2007/12/diagrama-hr-2.jpg>

Figura 4.13

Fonte: Paiva, J., Ferreira, A. J., Ventura, G., Fiolhais, M., & Fiolhais, C. (2007). *10 Q - Física e Química A - Química - Bloco 1 - 10.º/11.º ano*. Lisboa: Texto Editores, LDA.

Figura 4.14

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Parallax.png>

Figura 4.15

Fonte: <http://blobortoloti.zip.net/images/solterra1.jpg>

Figura 4.16

Fonte: Cavaleiro, M. N. G. C., & Beleza, M. D. (2006). *FQ 7 - Terra no Espaço, Terra em Transformação*. Porto: Edições ASA.

Figura 4.17

Fonte: Cavaleiro, M. N. G. C., & Beleza, M. D. (2006). *FQ 7 - Terra no Espaço, Terra em Transformação*. Porto: Edições ASA.

Figura 4.18

Fonte: http://pessoais.ov.ufrj.br/massaf/cursos/iam/iam2004_fundamental_arquivos/apostila_fund4_arquivos/image024.jpg

Figura 4.19

Fonte: <http://www.cne-escutismo.pt/recursos/orientacao/estrelas4.gif>

Figura 4.20

Fonte: <http://www.cne-escutismo.pt/recursos/orientacao/estrelas3.gif>

Figura 4.21

Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br/touro%20desenho31.JPG>

Figura 4.22

Fonte: <http://www.tecepe.com.br/nav/n43.gif>

Figura 4.23

Fonte: <http://www.geocities.com/nmhdias/imagens/Reflector.jpg>

Figura 4.24

Fonte: <http://www.geocities.com/nmhdias/imagens/Refractor.jpg>

Figura 4.25

Fonte: Software Stellarium (versão 0.10.2) disponível em <http://www.stellarium.org/pt/>

Capítulo 5

Figura 5.1

Fonte: Pires, I., & Ribeiro, S. (2006). *Universo da Matéria de Ciências Físico-Químicas*. Carnaxide: Santillana-Constância.

Figura 5.2

Fonte: http://sites.google.com/site/geologiaebiologia/_/rsrc/1226526053177/a-formacao-do-sistema-solar/Sistema%20Solar%20-%20Origem.jpg

Figura 5.3

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/sol03.gif>

Figura 5.4

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Mercury_in_color_-_Prockter07.jpg

Figura 5.5

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Venus_globe.jpg

Figura 5.6

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg

Figura 5.7

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Full_Moon_Luc_Viatour.jpg

Figura 5.8

Fonte: Burnham, R., Dyer, A., & Kanipe, J. (2001). *Astronomy the Definitive Guide*. Sidney: Weldon Owen Pty. Limited.

Figura 5.9

Fonte: <http://www.nmm.ac.uk/upload/img/retro.gif>

Figura 5.10

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/Mars_Hubble.jpg

Figura 5.11

Fonte: http://3.bp.blogspot.com/_xZmLN16GcY/RogdiWpnkDI/AAAAAAAAAEA/htGESCiWC8s/s400/cinturao_asteroides_19out2006.gif

Figura 5.12

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Jupiter.jpg>

Figura 5.13

Fonte: http://www.portaldoastronomo.org/images/automissoes/missao_58_1112191701_7291522.jpg

Figura 5.14

Fonte: http://nautilus.fis.uc.pt/astro/img/ss/saturno/saturno_intro.jpg

Figura 5.15

Fonte: <http://www.estadao.com.br/fotos/titan3007.jpg>

Figura 5.16

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Uranus.jpg>

Figura 5.17

Fonte: http://br.geocities.com/dorks_ms/images/planeta_urano/urano_rotacao.jpg

Figura 5.18

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Neptune.jpg>

Figura 5.19

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Triton_%28moon%29.jpg

Figura 5.20

Fonte: http://www.silverio.blogger.com.br/solar_system_orbits.jpg

Figura 5.21

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/C_Kuiper_Portugues.jpg

Figura 5.22

Fonte: http://www.todoceu.com/detalhamento/img_detalhamento/d_cometas/halleyorbit.jpg

Figura 5.23

Fonte: http://www.portaldoastronomo.org/images/autotemas/tema_15_1082482502_3925312.jpg

Figura 5.24

Fonte: <http://aia2009.files.wordpress.com/2009/01/leonids.jpeg>

Figura 5.25

Fonte: Software Stellarium (versão 0.10.2) disponível em <http://www.stellarium.org/pt/>

Capítulo 6

Figura 6.1

Fonte: <http://rbrebello.files.wordpress.com/2008/12/pss.jpg>

Figura 6.2

Fonte: <http://rbrebello.files.wordpress.com/2008/12/precession.gif>

Figura 6.3

Fonte: http://www.portaldoastronomo.org/images/autotemas/tema_161_1185439699_5095781.jpg

Figura 6.4

Fonte: <http://rbrebello.files.wordpress.com/2008/12/foucault-pendulum-thumb.jpg>

Figura 6.5

Fonte: <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/rfof/articles/foucault/Image14.jpg>

Figura 6.6

Fonte: <http://www.mspc.eng.br/mecn/im01/cin206.gif>

Figura 6.7

Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/movi/images/imagem13.jpg>

Figura 6.8

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/ensino-fundamental-astronomia/Image2.jpg>

Figura 6.9

Fonte: http://www.prof2000.pt/users/angelof/sistema_sol_terra_lua_imagens/fases_lua1.gif

Figura 6.10

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/21/Esquema_nodos.svg/800px-Esquema_nodos.svg.png

Figura 6.11

Fonte: http://eclipsesdosol.pbworks.com/f/732px-Esquema_eclipse_solar_anular.png

Figura 6.12

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7c/Eclipse_lunar.svg/800px-Eclipse_lunar.svg.png

Figura 6.13

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Paulo/Trabalho/fig2.jpg

Figura 6.14

Fonte: Simulador interactivo disponível em http://web.educom.pt/escolovar/mundo_movimentos_da_terra.swf

Todas as hiperligações referenciadas atrás encontravam-se activas em Maio de 2009.

ANEXO

Luís Miguel Pereira

Quinta do Marco

3060 -297 Covões

Tel. 93 809 73 49

E-mail: Impereira@gmail.com

Caro(a) colega:

Sou Professor de Física e Química e encontro-me de momento a realizar uma tese de mestrado em Ensino de Física e Química na Universidade de Aveiro.

O tema da minha dissertação é "Materiais de Apoio para Professores: Ensino de Astronomia no 3.º CEB". Com a realização deste trabalho pretendo efectuar um estudo sobre o nível de preparação pedagógica e científica dos docentes envolvidos no ensino da componente de Astronomia do 7.º ano de escolaridade da disciplina de Ciências Físico-Químicas. Uma vez detectadas as principais fragilidades, serão então elaborados diversos materiais de apoio. Contudo, para ser possível concretizar este trabalho de investigação, é essencial a participação de um número razoável de professores com experiência lectiva nesta matéria. Assim, a recolha de dados será feita através do preenchimento de um questionário, que terá como alvo a seguinte amostra de docentes:

- Professores do grupo 510 que leccionem Ciências Físico-Químicas ao 7.º ano de escolaridade no presente ano lectivo, ou que o tenham feito num dos 5 anos anteriores;
- Professores que leccionem ou tenham leccionado recentemente na região de Aveiro.

Deste modo, gostaria que fizesse chegar um questionário a cada um dos seus colegas de escola que se encontre na situação acima exposta. Em anexo junto alguns questionários para serem preenchidos.

Como compreenderá, só será possível prosseguir com o trabalho se houver colaboração de um número apreciável de docentes, por isso peço-lhe que transmita aos seus colegas de grupo a importância da sua participação neste estudo. De modo a não afectar o andamento dos trabalhos, seria bom que no prazo de uma semana, ou no máximo 15 dias, já fosse possível obter as respostas.

O questionário é anónimo e confidencial e, caso assim o desejem, os participantes poderão ter acesso aos resultados obtidos neste estudo, bem como aos recursos pedagógicos entretanto elaborados.

Sem outro assunto de momento, subscrevo-me com os melhores cumprimentos.

Aveiro, 25 de Março de 2008

(Luís Miguel Pereira)

QUESTIONÁRIO

Este questionário foi elaborado no decorrer da dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química que me encontro a realizar na Universidade de Aveiro, sendo uma peça essencial no âmbito da investigação educacional em curso. O trabalho tem como objectivo central avaliar o nível de preparação científica dos docentes envolvidos na leccionação dos temas da componente de Astronomia, de Ciências Físico-Químicas, do 7.º ano de escolaridade, bem como o tipo de recursos pedagógicos habitualmente mais empregues. Uma vez determinadas as principais fragilidades, serão então produzidos alguns materiais de apoio ao professor.

O questionário é assim destinado a docentes do grupo 510 que leccionem o tema Terra no Espaço no presente ano lectivo, ou que o tenham feito num dos 5 anos anteriores, ou seja, desde a entrada em vigor das novas orientações curriculares para o 3.º Ciclo do Ensino Básico. A área geográfica abrangida por este estudo é restrita à região de Aveiro.

Pelo acima exposto, torna-se crucial para este trabalho o preenchimento do questionário por um número significativo de professores com prática lectiva nesta matéria, razão pela qual solicito desde já o seu contributo, caso esteja nas condições mencionadas atrás, de modo a que a investigação possa ser devidamente fundamentada.

As respostas devem ser dadas de forma sincera, sendo assegurada a confidencialidade das mesmas e o anonimato dos inquiridos. O questionário deve ser preenchido e entregue tão rápido quanto possível, de modo a não comprometer o andamento do projecto de investigação. No caso de estar interessado(a), terei todo o gosto em o(a) informar dos resultados obtidos neste estudo.

Desde já o meu muito obrigado pela sua colaboração!

Luís Miguel Pereira, Março de 2008
E-mail: Impereira@gmail.com

Instruções de Preenchimento

1. O preenchimento dos questionários é individual e cada docente deve responder apenas uma única vez.
2. O questionário encontra-se organizado em três partes:
 - I. Obter alguns dados relativos à caracterização do professor;
 - II. Verificar a situação do docente face à abordagem do tema Terra no Espaço;
 - III. Analisar o desempenho do professor perante problemas concretos de Astronomia.Cada participante deve responder obrigatoriamente às questões dos grupos I e II, sendo a resposta ao grupo III facultativa. Contudo, de modo a otimizar os resultados do estudo, é convidado(a) a responder ao inquérito na sua totalidade. O grupo III deve ser respondido sem consulta.
3. A resposta a cada questão deve ser dada assinalando a opção correcta com um (x) no local respectivo. Sempre que se justifique, pode assinalar mais do que uma opção de resposta. Nas questões abertas deve responder por extenso no espaço pontado destinado para o efeito.

1.ª Parte Caracterização Pessoal e Profissional

1. Género

☐ Masculino

☐ Feminino

2. Idade (a 31/08/2007)

☐ Menos de 25 anos

☐ De 30 a 34 anos

☐ De 40 a 49 anos

☐ De 25 a 29 anos

☐ De 35 a 39 anos

☐ Mais de 49 anos

3. Habilitações académicas

- | | |
|--|----------|
| <input type="checkbox"/> Bacharelato | Em |
| <input type="checkbox"/> Licenciatura | Em |
| <input type="checkbox"/> Curso de Formação Especializada | Em |
| <input type="checkbox"/> Mestrado | Em |
| <input type="checkbox"/> Doutoramento | Em |
| <input type="checkbox"/> Outra (Qual? | Em |

4. Qualificação profissional

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Formação inicial | <input type="checkbox"/> Profissionalização em serviço |
|---|--|

5. Tempo de serviço docente no grupo 510

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Menos de 5 anos | <input type="checkbox"/> De 10 a 14 anos | <input type="checkbox"/> De 20 a 29 anos |
| <input type="checkbox"/> De 5 a 9 anos | <input type="checkbox"/> De 15 a 19 anos | <input type="checkbox"/> Mais de 29 anos |

6. Situação profissional

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Quadro de Escola | <input type="checkbox"/> Estagiário(a) |
| <input type="checkbox"/> Quadro de Zona Pedagógica | <input type="checkbox"/> Outra (Qual? |
| <input type="checkbox"/> Contratado(a) | <input type="checkbox"/> Não colocado(a) |

7. Estando colocado(a) no presente ano lectivo, indique a escola onde lecciona

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 Aires Barbosa | <input type="checkbox"/> EB 2,3 da Gafanha da Encarnação |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 de Anadia | <input type="checkbox"/> EB 2,3 da Gafanha da Nazaré |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 de Aradas | <input type="checkbox"/> EB 2,3 de Ílhavo |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 de Cacia | <input type="checkbox"/> EB 2,3 João Afonso |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 Castro Matoso | <input type="checkbox"/> EB 2,3 de São Bernardo |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 Dr. Acácio de Azevedo | <input type="checkbox"/> EB 2,3 de Vilarinho do Bairro |
| <input type="checkbox"/> EB 2,3 Dr. Fernando Peixinho | <input type="checkbox"/> EBI de Eixo |

8. Nível de ensino onde tem leccionado predominantemente (desde 2002/03)

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Básico | <input type="checkbox"/> Secundário | <input type="checkbox"/> Em ambos |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|

9. Assinale quais os cargos que desempenhou (desde 2002/03)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Director de turma |
| <input type="checkbox"/> Orientador de estágio | <input type="checkbox"/> Coordenador dos directores de turma |
| <input type="checkbox"/> Representante da disciplina | <input type="checkbox"/> Membro do conselho executivo |
| <input type="checkbox"/> Coordenador de departamento | <input type="checkbox"/> Outro (Qual? |

2.ª Parte
A Abordagem ao Tema Terra no Espaço

1. Leccionou o tema Terra no Espaço, do 7.º ano de CFQ, no presente ano lectivo?

☐ Sim

☐ Não

2. Indique o número de anos lectivos em que leccionou o tema Terra no Espaço (desde 2002/03)

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

3. Teve alguma formação específica em Astronomia?

☐ Sim

☐ Não

4. Se respondeu SIM à questão anterior, indique em que contexto:

☐ Formação inicial

☐ Acções de formação contínua

5. Considera-se bem preparado para leccionar o tema Terra no Espaço?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei

6. Recorre aos manuais escolares durante a planificação didáctica das suas aulas?

☐ Sempre

☐ Nunca

☐ Por vezes

7. Recorre aos manuais escolares para esclarecer dúvidas de natureza científica sobre o tema?

☐ Sempre

☐ Nunca

☐ Por vezes

8. Assinale qual o meio que utiliza preferencialmente para o esclarecimento de dúvidas relacionadas com Astronomia

☐ Manuais escolares

☐ Literatura especializada

☐ Sites temáticos na Internet

☐ Outro (Qual?)

9. Indique o(s) recurso(s) pedagógicos que geralmente utiliza durante as suas aulas

☐ Manual escolar

☐ Modelos físicos

☐ Apresentação em acetatos

☐ Simulações computacionais

☐ Apresentação em PowerPoint

☐ Outro (Qual?)

10. Tem experiência ao nível da utilização de software de astronomia e/ou planetários virtuais?

☐ Bastante

☐ Alguma

☐ Nenhuma

11. Em caso afirmativo, indique qual o software de astronomia onde possui mais prática

☐ Starry Night

☐ Stellarium

☐ Celestia

☐ Outro (Qual?)

12. Considera importante a inclusão da Astronomia no início do estudo da disciplina de CFQ?

☐ Sim

☐ Não

Porquê?

13. Já alguma vez participou e/ou organizou actividades de observação astronómica, como complemento às suas aulas?

☐ Sim

☐ Não

14. Se respondeu SIM na questão anterior, indique o(s) tipo(s) de equipamento utilizado(s)

☐ Telescópio

☐ Binóculos

☐ Vista desarmada

15. Classifique cada uma das situações seguintes, no âmbito do processo de ensino aprendizagem do tema Terra no Espaço, de acordo com o grau de relevância que considere adequado, tendo em conta a escala de 1 (irrelevante) a 5 (essencial)

	1	2	3	4	5
a) Capacidade de organização e clareza de linguagem					
b) Actualizar os conhecimentos científicos e pedagógicos					
c) Dominar os conteúdos do tema muito para além do exigido nas aulas					
d) Possuir uma boa cultura geral					
e) Criar um bom ambiente nas aulas, impondo disciplina sem demasiada rigidez					
f) Fomentar a participação dos alunos através de questões surgidas do dia a dia					
g) Incentivar o espírito crítico dos alunos					
h) Estabelecer relações CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente)					
i) Detectar concepções alternativas nos alunos					
j) Elaborar actividades partindo das concepções alternativas dos alunos					
k) Levar os alunos a atingir as conclusões pretendidas					
l) Fomentar a interdisciplinaridade (sobretudo com as outras ciências)					
m) Ter experiência no uso das TIC					
n) Dar ênfase ao ensino experimental e ao uso de modelos interactivos					
o) Fomentar actividades de observação astronómica					

16. Usando a escala anterior, classifique a relevância pedagógica do uso de modelos interactivos em cada um dos conteúdos do tema Terra no Espaço, apresentados de seguida

	1	2	3	4	5
a) Formação e evolução do Universo					
b) Constituição do Universo					
c) Distâncias no Universo					
d) Constituição do Sistema Solar					
e) Localização de objectos celestes					
f) Movimento aparente da esfera celeste					
g) Movimentos de rotação e de translação					
h) A desigualdade dos dias e das noites					
i) A sucessão das estações do ano e a inclinação dos raios solares					
j) As fases da Lua					
k) A força de atracção gravitacional					
l) A origem das marés					
m) Relação entre o valor do peso de um corpo com a latitude e a altitude do lugar					

3.ª Parte
Questões Práticas de Astronomia

1. Qual destas galáxias se encontra mais próxima da Via Láctea?

- ☐ Andrómeda ☐ Sombrero ☐ Grande Nuvem de Magalhães

2. Seleccione a constelação que possui a forma de um “w”.

- ☐ Perseu ☐ Andrómeda ☐ Cassiopeia

3. Indique a estrela pertencente à constelação de Touro.

- ☐ Aldebaran ☐ Polar ☐ Sírio

4. O Enxame Aberto das Plêiades, visível a olho nu, situa-se em que constelação?

- ☐ Cão Maior ☐ Oriente ☐ Touro

5. Qual destas estrelas é uma supergigante vermelha?

- ☐ Rigel ☐ Betelgeuse ☐ Sírio

6. O que significa a referência 15x70 indicada nuns binóculos?

- ☐ Ampliação e distância focal ☐ Ampliação e abertura ☐ Distância focal e abertura

7. Qual a idade estimada do Sol?

- ☐ 13,7 Milhões de anos ☐ 4,5 Mil milhões de anos ☐ 13,7 Mil milhões de anos

8. Como é designada, em condições normais, a camada visível do Sol?

- ☐ Fotosfera ☐ Cromosfera ☐ Coroa

9. Os chamados cometas de longo período têm a sua origem em que região do Sistema Solar?

- ☐ Nuvem de Oort ☐ Cintura de asteróides ☐ Cintura de Kuiper

10. Como se designam os fenómenos atmosféricos conhecidos popularmente por estrelas cadentes?

- ☐ Meteoritos ☐ Meteoros ☐ Meteoróides

11. Qual o estatuto atribuído a Éris pela União Astronómica Internacional em 2006?

- ☐ Centauro ☐ Planeta principal ☐ Planeta anão

12. Tritão, possivelmente o astro mais frio do Sistema Solar, é uma lua de que planeta?

- ☐ Urano ☐ Neptuno ☐ Plutão

13. A que é equivalente o período de rotação da Terra?

- ☐ Ao dia sideral ☐ Ao dia solar ☐ A ambos

14. Nos equinócios, os dias e as noites têm igual duração em que parte do globo?

- ☐ No equador ☐ Nos pólos ☐ Em todos os lugares da Terra

15. Um observador, situado sobre a linha do Equador, vê o Sol sobre a sua cabeça ao meio-dia solar em que época do ano?

- ☐ Nas datas dos equinócios ☐ No dia do solstício de Junho ☐ Em qualquer data

16. No solstício de 21 de Dezembro, o Sol atinge o zénite ao meio-dia solar em que região da Terra?

- ☐ No Trópico de Câncer ☐ No Trópico de Capricórnio ☐ No Equador

17. Ocorre um eclipse anular do Sol quando a Lua se encontra em que ponto da sua órbita?

- ☐ Periélio ☐ Perigeu ☐ Apogeu

18. Quando a Linha dos Nodos intercepta o Sol que fenómeno pode ocorrer?

- ☐ Eclipse do Sol ☐ Eclipse da Lua ☐ Ambos

19. Qual destas forças, exercidas pela Lua sobre um dado ponto da Terra, tem maior intensidade?

- ☐ Força gravitacional ☐ Força de maré ☐ São equivalentes

20. Indique o lugar onde é maior o valor da aceleração da gravidade.

- ☐ Pólos ☐ Nível médio do mar ☐ Equador